EXCHANGE

SIGILLVM · VNIVERSITATIS · CALIFORNIENSIS
LVX
FIAT
MDCCCLXVIII
EX LIBRIS

EXCHANGE
NOV 17 19[illegible]
UNIV. OF

1-4T

Vierteljahrsschrift

der

Naturforschenden Gesellschaft

in

Zürich.

Herausgegeben

von

Prof. Dr. **Hans Schinz**
Direktor des Botanischen Gartens und Museums der Universität Zürich.

Dreiundsechzigster Jahrgang. 1918. Erstes und zweites Heft.

Ausgegeben am 31. Mai 1918.

Zürich,
in Kommission bei Beer & Co.
1918.

Inhalt.

Seite

Rudolf Staub. Geologische Beobachtungen am Bergellermassiv . . 1
Ausgegeben als Separatabdruck am 9. März 1918.

Arnold Heim und **H. Gams.** Interglaziale Bildungen bei Wildhaus (Kt. St. Gallen) 19
Ausgegeben als Separatabdruck am 9. März 1918.

Hedwig Frey. Beitrag zum Umbildungsprozess des Brustkorbes . . 34
Ausgegeben als Separatabdruck am 28. Februar 1918.

Otto Schüepp. Zur Entwicklungsgeschichte des Blattes von *Acer Pseudoplatanus* L. 99

— Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der Stockausschläge . . 106
Ausgegeben als Separatabdruck am 16. März 1918.

Karl Beck. Das magnetische Verhalten von Eisenkristallen bei gewöhnlicher Temperatur. (Hiezu Tafel I) 116
Ausgegeben als Separatabdruck am 6. April 1918.

Arthur Tröndle. Der Einfluss des Lichtes auf die Permeabilität der Plasmahaut und die Methode der Permeabilitäts-Koeffizienten . . . 187
Ausgegeben als Separatabdruck am 13. April 1918.

H. Suter. Abhandlung über die Ausmessung der Parabel von Ibrāhīm b. Sinān b. Thābit 214
Ausgegeben als Separatabdruck am 13. April 1918.

A. Kiefer. Die Cykloide als Kurve gleicher Fallzeit 229
Ausgegeben als Separatabdruck am 13. April 1918.

L.-G. Du Pasquier. Esquisse d'une nouvelle théorie de la population . 236
Ausgegeben als Separatabdruck am 4. Mai 1918.

Ph. Roothaan. Tektonische Untersuchungen im Gebiet der nordöstlichen Adula. (Hiezu Tafel II, III und IV) 237
Ausgegeben als Separatabdruck am 25. Mai 1918.

A. Kienast. Sitzungsberichte von 1918 I

NB. Die Separatabdrücke sind nicht im Buchhandel zu haben.

UNIV. OF CALIFORNIA

Vierteljahrsschrift

der

Naturforschenden Gesellschaft

in

Zürich.

Herausgegeben

von

Prof. Dr. HANS SCHINZ

Direktor des Botanischen Gartens und Museums der Universität Zürich.

Dreiundsechzigster Jahrgang. 1918.

Mit 4 Tafeln.

Zürich,

in Kommission bei **Beer & Co.** in **Zürich**

1918.

ETH-BIBLIOTHEK ZÜRICH

Gründungsjahr der Gesellschaft 1746.

Q 67
Z 92
v. 63

S. 1—292 . . . . . ausgegeben am 31. Mai 1918.
S. 293—582 u. XVII—LVI, ausgegeben am 31. Dezember 1918.

Buchdruckerei Gebr. Fretz A. G., Zürich

Inhalt.

Erster Teil:

Abhandlungen.

Seite

Karl Beck. Das magnetische Verhalten von Eisenkristallen bei gewöhnlicher Temperatur. (Hiezu Tafel I) 116
Ausgegeben als Separatabdruck am 6. April 1918.

Hedwig Frey. Beitrag zum Umbildungsprozess des Brustkorbes . . 34
Ausgegeben als Separatabdruck am 28. Februar 1918.

H. Gams. Prinzipienfragen der Vegetationsforschung. Ein Beitrag zur Begriffsklärung und Methodik der Biocœnologie . . . 293
Ausgegeben als Separatabdruck am 15. November 1918.

Arnold Heim und **H. Gams.** Interglaziale Bildungen bei Wildhaus (Kt. St. Gallen) 19
Ausgegeben als Separatabdruck am 9. März 1918.

A. Kiefer. Die Cycloide als Kurve gleicher Fallzeit 229
Ausgegeben als Separatabdruck am 13. April 1918.

— Geometrische Mitteilungen 494
Ausgegeben als Separatabdruck am 5. Dezember 1918.

Ernst Meissner. Über die durch reguläre Polyeder nicht stützbaren Körper 544
Ausgegeben als Separatabdruck am 31. Dezember 1918.

L.-G. Du Pasquier. Esquisse d'une nouvelle théorie de la population . 236
Ausgegeben als Separatabdruck am 4. Mai 1918.

Ph. Roothaan. Tektonische Untersuchungen im Gebiet der nordöstlichen Adula. (Hiezu Tafel II, III und IV) 237
Ausgegeben als Separatabdruck am 25. Mai 1918.

Ferdinand Rudio und **Carl Schröter.** Notizen zur schweizerischen Kunstgeschichte.

47. Die Eulerausgabe (Fortsetzung) 566

48. Nekrologe: Konrad Rahn. Caesar Schoeller. Oskar Wyss. Frederic Pearson Treadwell. Traugott Wartenweiler. Paul Hefti 566
Ausgegeben als Separatabdruck am 31. Dezember 1918.

Otto Schüepp. Zur Entwicklungsgeschichte des Blattes von *Acer Pseudoplatanus* L. 99

— Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der Stockausschläge . . 106
Ausgegeben als Separatabdruck am 16. März 1918.

Rudolf Staub. Geologische Beobachtungen am Bergellermassiv . . 1
Ausgegeben als Separatabdruck am 9. März 1918.

Arthur Stoll. Über Assimilation der Kohlensäure 512
Ausgegeben als Separatabdruck am 5. Dezember 1918.

594033

Seite

H. Suter. Abhandlung über die Ausmessung der Parabel von Ibrāhīm b. Sinān b. Thābit 214

Ausgegeben als Separatabdruck am 13. April 1918.

Arthur Tröndle. Der Einfluss des Lichtes auf die Permeabilität der Plasmahaut und die Methode der Permeabilitäts-Koeffizienten . 187

Ausgegeben als Separatabdruck am 13. April 1918.

Ernst Würgler. Beiträge zur Kenntnis der Reparationsprozesse bei Hirudineen 552

Ausgegeben als Separatabdruck am 31. Dezember 1918.

Zweiter Teil:

Sitzungsberichte.

Seite

A. Kienast. Sitzungsberichte von 1918 I

Darin sind folgende Autoreferate enthalten:

W. J Baragiola: Der Wein, als Gegenstand der Forschung . III

R. Eder: Über Kakao und Schokolade V

O. Zietzschmann: Das Zehenende der Säugetiere: Kralle, Nagel, Huf VIII

G. Steiner: Skizzen aus der Biologie der Nematoden . . . XI

Noll-Tobler: Die Vogelwelt des Uznacherriedes XIV

Fritz Medicus: Naturforschung und Philosophie XX

Rob. Schaltegger: Das Pumpwerk im „Horn" und die Filteranlagen im „Moos" XXIX

Leo Minder. Zur Hygiene des Zürcher Seewasserwerkes . . XXXI

Albert Heim. Das Gewicht der Berge XXXV

Henri Badoux. Die durch die kleine Fichtenblattwespe verursachten Beschädigungen der schweizerischen Waldungen in letzter Zeit XXXVIII

sowie:

M. Baumann-Naef. Bericht des Quästors über die Rechnung der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich für das Jahr 1917 . XXII

A. Kienast. Bericht des Sekretärs über die wissenschaftliche Tätigkeit und den Bestand der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich 1917/18 XXV

Hans Schinz. Bericht des Redaktors XXVII

Verzeichnis der Mitglieder der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich auf den 31. Dezember 1918 XLI

NB. Die Separatabdrücke sind nicht im Buchhandel zu haben.

Erster Teil

Abhandlungen

Geologische Beobachtungen am Bergellermassiv.

Von

Rudolf Staub.

(Als Manuskript eingegangen am 10. November 1917.)

Als mächtige Intrusivmasse erhebt sich im Westen des Berninagebirges der Granit der Forno-Albigna-Bondascagruppe zu einem Felsengebirge von beispielloser Kühnheit, dessen Nadeln und Wände, Türme und Zacken, Platten und Schluchten an ungezügelter Wildheit ihresgleichen in den ganzen Alpen suchen. Unbekannt bis in die jüngste Zeit hinein, steht heute diese Gebirgsgruppe im Mittelpunkt des wissenschaftlichen Interesses, als die grösste tertiäre Intrusivmasse der Schweizeralpen.

Steinmann hat zuerst, und ohne eigentliche Beweise, ein tertiäres Alter dieser Bergellergranite behauptet. Er berief sich dabei besonders auf die grosse Frische des Gesteins, die Abwesenheit von Myloniten und Rutschflächen und die primäre Klüftung, die den andern alpinen Massengesteinen durch ihre Einbeziehung in den Deckenbau meist verloren gegangen sei.

Im gleichen Jahre, 1912, hat Cornelius dann im Tal des Fornogletschers die ersten tatsächlichen Anhaltspunkte für ein jugendliches Alter der Bergellergranite gefunden und das ganze Massiv kurzweg nach dem höchsten Gipfel der Gebirgsgruppe, dem Monte della Disgrazia, als Disgraziamassiv bezeichnet. Cornelius stützte sich damals neben der petrographischen Beschaffenheit der Granite besonders auf das mesozoische Alter der Grünschiefer am Fornogletscher, die samt den darüber liegenden alten Gneisen vom Granit durchbrochen und kontaktlich verändert worden sind. Sichere mesozoische Sedimente aber, wie Triasdolomite und Bündnerschiefer, schienen am Granitkontakt im Fornogebiet zu fehlen.

Später fand Cornelius in den italienischen Teilen des Gebietes, an der Preda rossa im obersten Val Masino, anstehende kontaktmetamorphe Triasdolomite und legte des weiteren dar, wie dort ganz verschiedene tektonische Elemente an den Disgraziagranit anstossen und von demselben abgeschnitten werden. Die schon 1892 von Chr. Klucker in Fex auf der Cima di Vazzeda entdeckten Marmore fand Cornelius in Blöcken des Erraticums im oberen Malenco und

deutete sie als kontaktmetamorphe Triasdolomite. Die Grenze der Intrusivmasse wurde einigermassen festgelegt, aber die Tektonik der von derselben durchdrungenen Deckengebiete blieb nach wie vor noch ganz im Dunkeln.

Diesen Sommer nun habe ich im Auftrage der Schweizerischen Geologischen Kommission mit der Kartierung der Bergellerberge begonnen. Da ich dabei zu einer ganzen Reihe, zum Teil sehr wichtiger neuer Resultate gelangt bin, übergebe ich die bedeutendsten derselben hiemit mit Erlaubnis der Geologischen Kommission als vorläufige Mitteilung der Öffentlichkeit.[1]) Für Details und nähere Begründung aber sei schon hier auf die spätere monographische Bearbeitung in den Beiträgen zur Geologie der Schweiz sowie die sie begleitende Karte 1 : 50 000 hingewiesen.

Das Hauptgestein des Massivs ist im Bergell der schöne porphyrartige Granit mit rötlichen Feldspäten, der bisher unter den verschiedenen Namen: Codera-, Forno-, Albigna- oder Disgraziagranit bekannt war. Ich schlage vor, dem Gestein den Namen Bergellergranit zu geben, da alle anderen Bezeichnungen entweder zu lokal oder gar falsch sind. Der Granit baut die Hauptmasse des Massivs, wenigstens auf Schweizergebiet auf. Vom Pizzo Trubinasca und der Cengalo-Badilegruppe bis zum Monte Sissone, vom Piz Murtaira über Cima del Largo und Bacun bis zur Cima di Castello und weiter bestehen alle Hochgipfel aus demselben. Feinkörnige weisse Varietäten vom Typus der bekannten Granite von Novate-Mezzola kenne ich aus der Gegend der Cima del Largo, des Casnile, der Cacciabella und des Monte Rosso, also aus allen drei Seitentälern des Bergells, sie sind also ziemlich verbreitet, und endlich fand sich an mehreren Orten des Fornogebietes, so an der Cima di Murtaira, auch am Monte del Forno, ganz besonders aber am Monte Rosso ein prachtvoller feinkörniger Kugelgranit, jedenfalls das erste Vorkommen von Kugelgranit in den Schweizeralpen. In den randlichen Partien des Massivs finden sich sowohl im Westen, wie auch im Norden, ganz besonders aber im Osten grosse Massen von zum Teil ebenfalls porphyrartigem Tonalit und Diorit, ich nenne nur die Tonalite und Diorite des Pizzo dei Vanni und der Trubinasca im Val Bondasca, die Tonalite der Cacciabellaschluchten ob Borgonuovo, und endlich diejenigen der Cima di Vazzeda, der Cima di Rosso und des Monte Sissone. Zum Teil sind diese Tonalite eine primäre basische Randfacies des granitischen Magmas, zum Teil aber sieht

[1]) Deckt sich z. T. mit einem im September 1917 vor der schweizerischen geologischen Gesellschaft zu Zürich gehaltenen Vortrage.

man deutlich, wie dieselben durch Einschmelzung von basischen Amphiboliten im granitischen Magma entstanden sind, so besonders im Kessel der Alp Trubinasca und ob Borgonuovo. Hingegen ist zu bemerken, dass man anderswo wiederum Schollen von Amphiboliten und Grünschiefern in ganz reinem, ja sogar recht salischem Granit beobachtet, ohne jede Spur von endogener kontaktlicher Tonalitbildung. An Ganggesteinen sind fast nur Aplite und Pegmatite zu finden, Lamprophyre sind überaus selten. In den Pegmatiten finden sich neben grossen Blättern von Muscovit und Biotit, neben Granat, Turmalin und Hämatit sehr oft, und über das ganze Gebiet verteilt, von der Trubinasca bis zum Monte del Forno, prachtvolle blaue und grünliche Kristalle von Beryll. Dieselben werden hie und da mehrere Centimeter lang und besitzen oft das herrliche dunkle Blau des Aquamarins. Die Zahl der Fundorte schweizerischer Berylle (bis jetzt sind solche nur durch Gutzwiller von Locarno erwähnt worden, Beryll ist aber auch sonst in den Tessiner Pegmatiten verbreitet, z. B. bei Osogna) wird durch diese Funde im Bergellermassiv um ein Bedeutendes vermehrt. — Schliesslich finden sich in den Moränen des Fornogletschers noch Pegmatite mit dem für die Schweizeralpen ebenfalls seltenen Molybdänglanz.

Damit sind die wichtigsten Gesteine der Intrusivmasse erwähnt. Ihnen allen gemeinsam ist die fast völlige Frische der Komponenten mit nur geringen Anzeichen beginnender Metamorphose im Sinne der obersten Zone, und meist ohne jede Kataklase. Doch habe ich längs ursprünglichen Klüften oder an Ganggesteinsgrenzen manchmal starke mechanische Deformation gefunden, die sich bis zur Bildung von lokalen Myloniten und von glänzenden Rutschflächen steigern kann. Besonders schön sind dieselben am Torrone, Cantone, Casnile, Bacone, an der Cima del Largo und an der Cacciabella ausgebildet. Die Textur ist im allgemeinen rein massig, doch finden sich gegen die Ränder der Intrusivmasse fast durchwegs prachtvolle Gesteine mit primärer Parallel- und Fluidaltextur, in denen besonders die Feldspäte alle in einer Richtung orientiert sind. So kenne ich solche im obern Val Bondasca, ob Borgonuovo und Vicosoprano, in der Albigna und dann wieder im Fornogebiet.

Die Grenzen des Granitmassives sind auf Blatt XX und danach auch auf meiner tektonischen Karte nur schematisch eingetragen, und deren nunmehrige genauere Verfolgung brachte daher manche Überraschung. Auf alle Fälle erscheint sie heute viel natürlicher und ungezwungener als früher. Von Westen her tritt sie zwischen dem Pizzo dei Vanni und dem Monte di Bondo beinahe senkrecht

auf Schweizergebiet in den Hintergrund von Trubinasca. Jenseits dieses Kessels springt sie weit nach Norden vor bis fast zu den Hütten von Sassforà und erreicht östlich davon den Hintergrund von Val Bondasca. In der Gegend von Laret erscheinen, von der Hauptmasse deutlich getrennt, mitten in den kristallinen Schiefern, nochmals kleine Intrusivmassen: feinkörnige, zum Teil fluidale Granite und Diorite, die bis zum Pizzo Grande weiterstreichen. Die Grenze des Hauptstockes dagegen zieht, die bisher normal streichenden kristallinen Schiefer der Bondasca schief drehend und abschneidend, über Alp Naravedr nordöstlich hinauf zum Grat zwischen Pizzo Grande und Forcellette und von dort in mehreren vorspringenden Winkeln gegen den Eingang der Albigna unter dem Sasso Primavera. Ob Vicosoprano ist die Eruptivgrenze am Spezzacaldera sehr deutlich aufgeschlossen. Östlich der Albigna biegt dieselbe wiederum scharf gegen Norden und erreicht über Vallun del Larg und Val Farett unter den prachtvollen Terrassen von Mottafega, Dresassa und Cantunmurezzi durch die Nordwestwand des Piz Murtaira und dessen Nordgrat im Sattel südlich P. 2562. In der Mulde nordöstlich desselben ist der Granitkontakt gegen den Cavlocciosee hinab noch mehrfach deutlich aufgeschlossen, dann aber zieht er sich scharf südöstlich zurück, um das Fornotal nahe dem heutigen Gletscherende zu überschreiten. Über die Westhänge des Pizzo dei Rossi und des Monte del Forno erreicht die Granitgrenze am Passo di Val Bona die italienische Landesgrenze, kehrt aber nach einem stark vorspringenden Winkel um den Monte Rosso herum von neuem ins Fornogebiet zurück. Die Cima di Vazzeda liegt schon ausserhalb oder wenigstens schon im Dach des einheitlichen Granitmassives, die Grenze desselben zieht mitten durch die Nordwand und wenig östlich des Gipfels der Cima di Rosso durch und verschwindet jenseits derselben in den Eismassen der Vedretta Sissone.

Über das Ende der Vedretta del Disgrazia biegt die Granitgrenze nun zurück zum Monte della Disgrazia selbst. Nach den bisherigen geologischen Karten und den Mitteilungen von Cornelius und Melzi soll der Gipfel desselben aus Tonalit bestehen, und nach diesem höchsten Punkte des Intrusivkörpers ist derselbe von Cornelius als „Disgraziamassiv" bezeichnet worden. Die Grenze des Tonalites verläuft aber bedeutend westlich des Disgraziagipfels, etwas östlich oberhalb dem Piodasattel, und der Gipfel des Disgrazia liegt schon weit ausserhalb des Granitmassives; er besteht aus Malencoserpentin. Besuchen konnte ich bis jetzt leider die entscheidenden Stellen zwar nicht, aber all das lässt sich von den Gipfeln

der Cima di Rosso und des Sissone klar und deutlich beobachten (s. Fig. 2). Einzelne Gänge allerhöchstens mögen den Disgraziagipfel noch durchschwärmen, aber nie und nimmer gehört deshalb der Monte della Disgrazia als solcher mit zum sogenannten Disgraziamassiv. Der Name Disgraziamassiv muss daher verschwinden und durch einen anderen ersetzt werden, denn es geht doch nicht an, ein Granitmassiv von über 20 km Länge und 15 km Breite nach einem Serpentinberg ausserhalb desselben, und wenn er auch der schönste Berg des Gebietes ist, zu bezeichnen. Die Wahl eines richtigen Namens fällt einem aber ziemlich schwer. Die bedeutenden Gipfel des Granitmassives sind sozusagen unbekannt, oder die bekannteren wie Cengalo und Badile liegen zu excentrisch, die Bezeichnung nach irgend einem Seitental des Bergells wie Forno, Albigna oder Bondasca ist wiederum zu lokal. Hingegen glaube ich, dass unser Granitmassiv sehr wohl als Bergellermassiv bezeichnet werden kann. Das Bergell ist wohl bekannt, alle seine grossen Seitentäler liegen zum grössten Teil im Granit, und Granit baut auch fast alle die prachtvollen unter dem Namen „Bergellerberge" bekannten Hochgipfel auf der Südseite des Tales auf. Wir werden also in Zukunft von Bergellergranit und Bergellermassiv reden an Stelle von Disgraziamassiv.

Wir gehen nun über zur Besprechung der einzelnen Gesteinsserien, die mit dem Bergellergranit auf Schweizergebiet in Kontakt treten.

Im Westen sind es zunächst die Gneise, Glimmerschiefer und Amphibolite der Kette Cima di Vallon-Monte di Bondo, die sich bis östlich Val Bondasca verfolgen lassen und dabei successive vom Granit abgeschnitten werden. Längs dem Kontakt treffen wir eine breite Injektions- und Einschmelzzone, die zum schönsten zählt, was die Bondasca und das Bergell überhaupt bietet. Man glaubt im südlichen Tessin, in den Injektionszonen von Claro und Arbedo zu sein, auf Schritt und Tritt wird man an die Tessinerverhältnisse erinnert, und die Tessiner Injektion ist ja eben auch nichts anderes als die westliche Fortsetzung der Injektionszonen im Val Bondasca.

Gegen Norden schiessen diese kristallinen Schiefer steil unter einen bis 300 m mächtigen Serpentinzug. Derselbe lässt sich von der Landesgrenze über Ganda rossa und Dente del Lupo bis in die Bondasca verfolgen und ist die Fortsetzung des Serpentinzuges von Chiavenna. Was unter ihm liegt, gehört somit zum Altkristallin der Adula-, was über ihm liegt, zu dem der Tambodecke. Die

Marmore von Bondo, die man früher als Trennung zwischen Adula und Tambo deuten musste, existieren nicht, sie sind erratisch. Östlich Val Bondasca kenne ich noch verschiedene Linsen und konkordante Lager des gleichen Serpentins, immer zwischen Gneisen wie im Westen auch, bis gegen Borgonuovo hin, kann aber noch nicht entscheiden, ob auch hier noch derselbe Zug von Chiavenna vorliegt. Jedenfalls ist der ganze Serpentinzug am Pizzo Grande, der hierher gehört, merkwürdig parallel dem Granitrand gedreht und wird östlich der Cacciabellaschluchten vom Granit abgeschnitten. Granitgänge finden sich auch am Dente del Lupo darin.

Von den oberen Gneisschuppen der Aduladecke, die sich aus dem Valsertal über den San Bernardin ja noch bis jenseits Mesocco verfolgen lassen, und die so schön dem „faisceau vermiculaire" der Bernharddecke Argands entsprechen, fehlen im Bergell vorderhand noch sichere Anzeichen. Einzig am Dente del Lupo ist eine nochmalige Zweiteilung der Adulagneise durch Grüngesteine zu sehen, doch scheint dieselbe vorderhand nur lokal zu sein und ist nicht unbedingt tektonischen Ursprungs.

Alles Altkristallin, das nördlich des grossen Serpentinzuges Chiavenna-Val Bondasca liegt, gehört mit Sicherheit zum Kern der Tambo-Surettadecke. Der Sedimentzug Splügen-Soglio keilt nördlich des Bergells völlig aus, die Einzellappen der Decke sind daher im Süden nicht mehr zu erkennen. Das Kristallin besteht aus Ortho- und Paragneisen, Glimmerschiefern, Phylliten und Amphiboliten, die petrographisch noch recht wenig untersucht sind. Die ganze Serie endigt wie die vorige mit einer prachtvollen Injektions- und Einschmelzzone am Granit, und Schollen dieser Gesteine finden sich noch weit im Innern dieses Massivs bis tief in die Albigna hinein. Auch diese Serie wird schief durch den Bergellergranit abgeschnitten, sie baut das ganze Gehänge von Castasegna und Promontogno bis Ca d'Farett zwischen dem Talboden und dem Granitkontakt auf, verschwindet aber östlich Vicosoprano immer mehr, und ihre streichende Fortsetzung liegt mitten in der Granitmasse des Fornogebietes.

Auf diesem Kristallin der Surettadecke folgt nördlich des Bergells die altbekannte Trias von Roticcio und weiter die Bündnerschieferserie des Piz Duan mitsamt den Ophiolithen vom Piz Lizzun und von Casaccia. Diese mesozoische Serie war bis jetzt südlich des Bergells nicht bekannt; einzig die Grünschiefer von Casaccia konnte Cornelius nach Süden verfolgen, Trias und Bündnerschiefer aber schienen völlig zu fehlen.

Es ist mir nun gelungen, Trias und Bündnerschiefer der Surettadecke auch südlich des Bergells nachzuweisen und in einem Zuge von über 20 km Länge bis zum Monte della Disgrazia hinein zu verfolgen.

Diese Serie von Carbonatgesteinen ist dabei so typisch, dass sie keineswegs mit den alten Marmoren, z. B. der Valpelline-Fedozserie, die in der benachbarten Margnadecke, der einstigen rhätischen, auftreten, verwechselt werden kann. Die Trias ist so typisch, als sie nur sein kann, und der Bündnerschiefer ebenfalls. Am Fuss des Lavinaircrus lässt sie sich gut studieren. Dort folgen über den Paraschiefern des Surettakristallins schwarze carbonische Graphitphyllite und permische Psammitgneise, dann an die 20 m Triasquarzite, und darüber, an der Basis mit plattigen Kalkschiefern, die Triasdolomite, Kalke und Rauhwacken in etwa 30 m Mächtigkeit. Darüber besteht der ganze Nordrand des Lavinaircrus bis auf 2500 m hinauf aus den Schistes lustrés mit Marmoren, Kalkphylliten, Glimmerschiefern und Prasiniten, genau die Fortsetzung der Duanschiefer. Ein Zweifel an diesem Zusammenhang ist gar nicht möglich, treffen wir doch bei Roticcio genau dieselben Verhältnisse.

Die Trias am Fuss des Lavinair verschwindet zunächst im Schutt desselben, die südlichen Wände bestehen aus Gneis, die nördlichen aus Schistes lustrés; aber weit oben erscheint die Trias wieder in typischer Entwicklung und steigt in mehreren eleganten, liegenden Falten in die Nordwestwand des Piz Murtaira hinan. Schliesslich fällt sie wieder flach nach Süden und lässt sich, obschon vom Bergellergranit an vielen Stellen durchbrochen und verändert, doch als einheitlicher Zug samt den hangenden Schistes lustrés und Prasiniten durch die wilden Seitentobel des oberen Bergells bis ins Vallun del Larg verfolgen. Dort aber erscheint über den Schistes lustrés abermals die Trias, darüber legen sich die Quarzite und das Kristallin: Das Mesozoikum der Suretta ist also hier tief muldenförmig in seine kristalline Unterlage eingefaltet. Die ganze mehrteilige Mulde des Vallun del Larg aber liegt, trotz den zahlreichen sie durchschwärmenden Granitgängen fast unversehrt, von drei Seiten umschlossen als Scholle im Granit.

Der Bergellergranit sendet seine Gänge aber auch hinaus bis in die Falten am Lavinair und durchbricht dieselben in allen möglichen Richtungen. Jene Stelle im obern Lavinair ist herrlich. Surettagneis, Quarzit, Dolomit, Schistes lustrés und Prasinite, eng miteinander verfaltet und kreuz und quer von Granit- und Aplit-

gängen durchwoben, der Kontakt voll leuchtender Granaten, dunkler Diopside und Vesuviane, alles marmorisiert, die Klüfte mit prachtvollen Wollastonitrosetten überzogen. Hier wird einem das tertiäre Alter des Bergellergranites viel klarer erwiesen als an den an und für sich unsicheren Grünschiefern im Fornotal; Trias und Lias, vielleicht noch Jüngeres, mitsamt den Grünschiefern, eng verfaltet und vom Granit durchbrochen. Die Stelle dürfte einer der schönsten Punkte der Schweizeralpen sein.

Zu oberst auf den Schistes lustrés folgt als Äquivalent der Lizzunophiolithe ein mächtiger Grünschiefer- und Amphibolitzug, der seinerseits die alten Schiefer, Kalke, Marmore und Gneise der sogenannten Cavloccioschuppe trägt, und all dies verschwindet im Streichen, in riesige Schollen aufgelöst, im Granit des Piz Murtaira.

Jenseits desselben treffen wir die Surettatrias wieder zu beiden Seiten des Fornogletschers, im Granit, in Linsen und Schollen aufgelöst, darunter Linsen und Schollen von Gneis und Glimmerschiefer, darüber die Amphibolite des Pizzo dei Rossi, und an einer Stelle gar, eingeklemmt in die Dolomite, eine Mulde von normalem Bündnerschiefer. Die Mulde liegt nach allen Seiten isoliert als Scholle im Granit, sie ist oben und unten quer abgeschnitten. Westlich des Gletschers schneidet der Granit ein ganzes normales Profil vom Gneis zum Bündnerschiefer ab. Auch die hangenden Amphibolite schwimmen im Granit als zerstückelte Schollen, und erst weiter draussen erreichen wir den zusammenhängenden Amphibolit und Grünschiefer, der unter das Altkristallin der Margnadecke einschiesst. Wir haben also im Fornotal genau wie im Lavinaircrus ein normales Profil von den Surettagneisen bis zum Margnakristallin, vom Granit wohl intensiv durchadert und durchbrochen, aber in seinem Zusammenhang doch fast ungestört.

Die Surettatrias zieht nun weiter nach Süden, immer mit Quarziten und Gneisen im Liegenden, Grünschiefern und Amphiboliten im Hangenden, wo nicht der letztere Zusammenhang durch den Granit gelöst ist. An manchen Stellen sind allerdings Gneise auch zwischen Triasdolomit und Grünschiefer eingeschaltet, doch nur in schmaler Lage und im allgemeinen und in grossen Zügen bleibt das Profil: Gneis — Trias — Ophiolithe auch hier bestehen. Am Monte del Forno liegt die Trias mitten im Granit, desgleichen zusammen mit Lias am Monte Rosso, und westlich dieses grossen, oft bis 150 m mächtigen, intensiv in sich zusammengeschuppten Zuges finden sich, von diesem völlig losgelöst und viel tiefer in den Granit hineingesunken,

mehrere hochkontaktmetamorphe Schollen von Triasgesteinen, so an zwei Orten nahe der Fornohütte.

Das mächtigste Triasvorkommnis des Gebietes aber liegt an der Cima di Vazzeda. Dort findet sich die Trias nicht nur in einem kleinen Fetzen auf dem Granit des Gipfels, sondern mindestens der halbe Berg besteht daraus, und, von Süden gesehen, sieht die Cima di Vazzeda fast aus wie der Piz Alv am Berninapass.

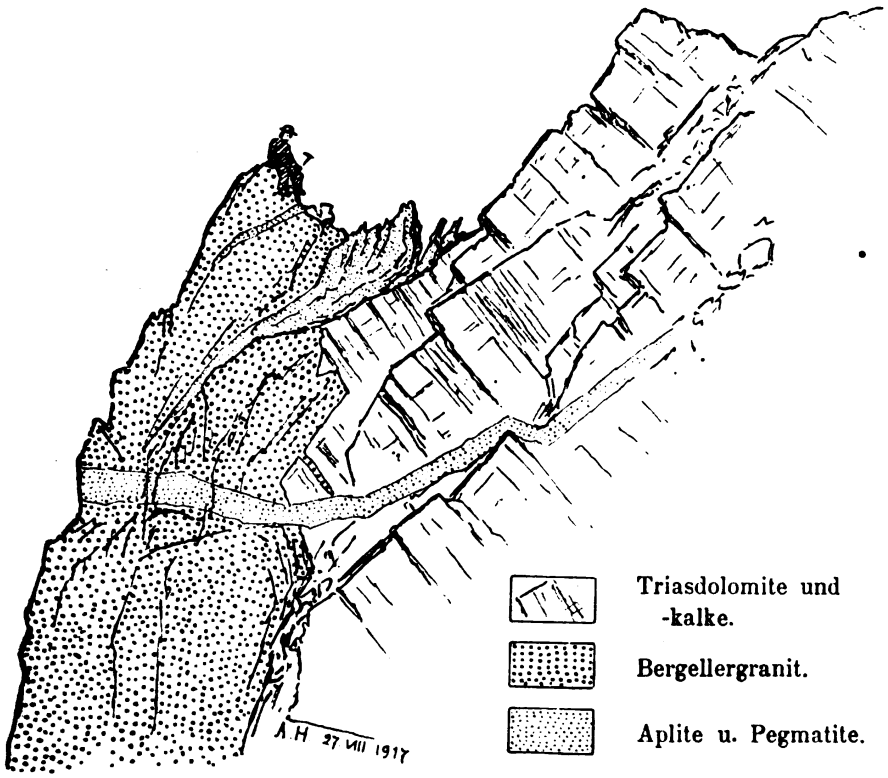


Fig. 1. **Partie am Passo di Vazzeda (Westseite).**

Am Passo di Vazzeda lässt sich die Trias gut studieren. Über den basalen Quarziten finden sich dort neben den gewöhnlichen Dolomiten auch richtige Rauhwacken und Zuckerdolomite, und das Ganze ist dort weit über 100 m mächtig. Grosse Granitgänge durchbrechen die Trias nach allen Richtungen und entsenden dabei immer kleinere und salischere Apophysen in die Sedimente (s. Fig. 1). Die Kontakthöfe, die sie dabei in der Trias erzeugen, sind meist von sehr geringer Breite, und doch ist die mineralische Umwandlung recht intensiv, selbst bei ganz winzigen Aplitgängen. Die Rauhwacke ist

voller Feldspäte, der Dolomit voll Diopsid, Aktinolith, Titanit und Wollastonit, und das Intrusivgestein selbst wird am Kontakt zu einem prachtvollen Diopsidaplit oder -granit mit oft riesigen Titaniten und Epidoten. Gleiches lässt sich an der Cima di Vazzeda selbst an unzähligen Stellen studieren.[1])

Der Bau der Cima di Vazzeda ist sowohl schon primär recht kompliciert als auch nachträglich durch die Granitintrusion erheblich gestört worden. Es scheinen drei stark gefaltete Schuppen von Gneis und Trias übereinander zu liegen, deren mittlere noch Fetzen von Schistes lustrés mit Prasiniten trägt. Der Granit dringt quer durch alle diese Gesteine, schneidet sie beliebig ab und durchbricht mit einer Willkür sondergleichen all die Kleinfalten des Berges. In dessen Nordostwand wird ein Rauhwackeband mit Prasiniten samt den Quarziten durch einen mächtigen Tonalitgang abgeschnitten, weiter oben durchbricht ein grösserer Granitstock die Schistes lustrés und die Trias auf der ganzen Nordseite des Berges, und den Gipfel desselben bildet eine mächtige Dolomitplatte, zu einem herrlichen Marmor umgeformt, der in prachtvollen Falten durch die Nordwand des Berges zum Vazzedapass herabsinkt. Weiter südlich folgt auf dem Gipfel der liegende Gneis, z. T. voll Sillimanit, und alles zusammen ist durchsetzt und durchadert vom Granit. Die Tektonik der Cima di Vazzeda ist im Detail noch keineswegs entziffert, die Verhältnisse sind auch ausserdem noch durch starke Querfaltung kompliziert, und die italienische Seite des Berges ist heute nicht begehbar. Aber im Prinzip haben wir an der Vazzeda ein zu einer nordwärts überliegenden, schiefen, mehrteiligen Mulde gestauchtes Schuppenpaket von Gneis, Trias und Lias, das zudem stark nach Osten sinkt und vom Granit an vielen Stellen durchbrochen und vielleicht auch etwas verstellt worden ist.

Die Gneise der mittleren Vazzedaschuppe bilden beinahe den ganzen Südwestgrat des Berges, diejenigen der unteren ziehen noch bis gegen die Cima di Rosso hinauf, sie werden dort von Tonalit abgeschnitten. Vom Gipfel des Monte Sissone aus sieht man auch die Trias der Vazzeda, nach Osten abfallend, weiter ziehen und weit unten im Südostgrat jenes Berges unter den hangenden Amphiboliten

[1]) Passo und Cima di Vazzeda wurden im Juli 1917 von uns zusammen mit A. Jeannet geologisch entdeckt und damit auch die ersten sichern Trias-Granitkontakte in den Schweizeralpen. Später besuchten wir den Pass wieder, im August mit Albert Heim, im September mit Maurice Lugeon. Deren Begeisterung kannte keine Grenzen, ist doch das Ganze etwas für die Schweizeralpen ganz Einzigartiges. Herr Prof. Heim überliess mir denn auch in freundschaftlichster Weise die damals entworfene vorstehende Skizze, wofür ich ihm auch an dieser Stelle herzlich danke.

verschwinden. Diese letzteren gehen allmählich in die Serpentine der Disgraziagruppe über. Südlich von Alp Sissone glaubte ich nochmals die Vazzedatrias zusammen mit den liegenden Gneisen zu erkennen, und zwar ebenfalls in mindestens doppeltem Zuge wie an der Vazzeda. Jenseits der Vedretta del Disgrazia aber sieht man deutlich die Gneise und die Dolomite der Suretta nochmals unter den Serpentinen des Disgraziagipfels emportauchen,

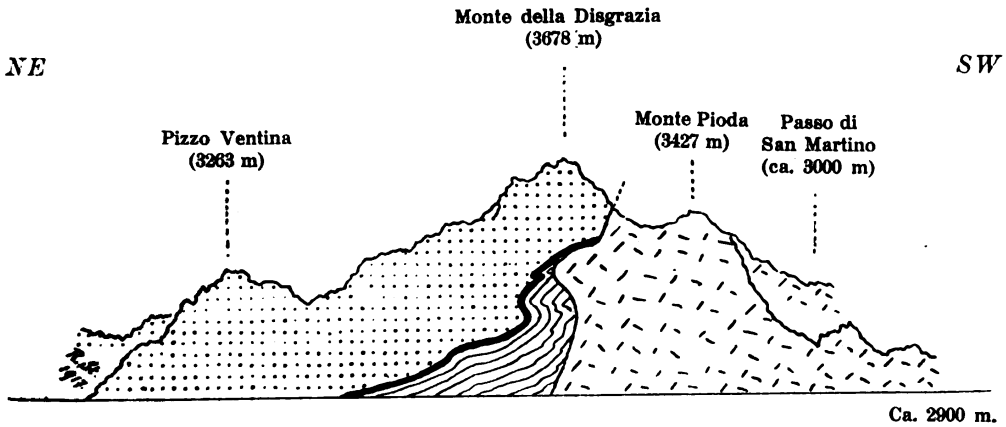


Fig. 2. **Profilansicht des Monte della Disgrazia.**

Ca. 1 : 37 000.

Granit, Tonalit und Diorit des Bergellermassivs.

Serpentin von Val Malenco.

Trias der Surettadecke.

Surettakristallin.

stark gefaltet, und wiederum abgeschnitten von Tonalit am Monte Pioda (s. Fig. 2). Auch dort sieht man wieder die intensive Querfaltung dieser Zone, aber sehr deutlich bemerkt man darunter auch das endgültige flache Untersinken der Dolomite unter den Malencoserpentin.

Die Surettatrias ist also tatsächlich das Liegende des Malencoserpentins, und damit ist auch die Surettanatur der Trias und der Gneise von Lanzada endgültig festgelegt.

Von Löbbia im Bergell bis zum Disgraziagipfel haben wir also eine fast ununterbrochene Reihe von mesozoischen, vielfach in sich gefalteten und verschuppten Sedimentlinsen,

die alle rücksichtslos vom Bergellergranit durchstochen und durchadert werden. Damit ist natürlich das tertiäre Alter dieses letzteren ganz zweifelsohne erwiesen, und die noch etwas unsicheren Grünschiefer bleiben in dieser Beweiskette völlig ausgeschaltet.

Das tertiäre Alter der Bergellergranite, das von Steinmann mehr geahnt und prophezeit, und von Cornelius erstmals postuliert und verteidigt worden ist, ist damit heute endgültig bewiesen.

Es bleibt mir nur noch übrig, kurz die oberste tektonische Serie, die im Bergell mit den jungen Graniten in Berührung tritt, zu erwähnen, nämlich die altkristallinen Gesteine der Margnadecke. Als Margnadecke habe ich vor kurzem die rhätische Decke des Oberengadins, das Äquivalent der Dentblanche in Graubünden, bezeichnet. Das Altkristallin derselben zerfällt in eine obere und eine untere Serie; die obere ist die längst bekannte Malojaserie, die untere habe ich Fedozserie genannt und als vollständiges Äquivalent der Série de Valpelline des Wallis erkannt. Im Fedoz und Fex, sowie im Malenco ist diese untere Serie leicht zu erkennen an ihren dunklen Paragesteinen, ihren Grünschiefern, Amphiboliten, Gabbros und Marmoren. Auf der Westseite der Kette Margna-Monte Muretto treffen wir nun unter dem Malojagneis wohl basische Massen der Fedozserie wie Amphibolite und Serpentine, aber die Marmore derselben scheinen östlich Val Muretto und im Fornotal zu fehlen. Dafür treten aber, sowohl am Murettopass als auch ob Plancanin genau an der Stelle, wo die Fedozserie unter den Malojagneisen hervor erscheinen sollte, die Biotit-, Granat- und Andalusitgesteine der „Cavloccioschuppe" von Cornelius hervor. Diese liegen wie die Fedozserie normal unter den Malojagneisen, und diese Gesteine nun führen westlich des Val Muretto genau wie die Fedozserie auch grössere Lagen von alten, mit Silikaten durchtränkten Kalken und Marmoren. Wir dürfen dieselben also als eine besondere Facies der Fedozserie betrachten und finden ihre Walliser Äquivalente zwanglos in den Kinzigiten der Valpelline, die bis jetzt in Bünden zu fehlen schienen. Auch der alte Muscovitgranit des Wallis fand sich damit zusammen am Murettopass, und am Piz Salacina finden wir denselben, enorm mylonitisiert, im Kontakt mit den alten Kalken und Marmoren der Fedozserie. In Wechsellagerung mit den Andalusitgesteinen finden sich ferner die Pyroxenquarzite der Muretto- und Cavlocciogegend und verschiedene Biotitgneise und -Schiefer.

Cornelius hat die Andalusitgesteine als eine kontaktmetamorphe Facies der Malojaserie am Granit erklärt. Dieselben sind aber keines-

wegs an den Granitkontakt gebunden. Ferner habe ich in den Gneisen der Surettadecke, deren normale Typen von den Malojagesteinen äusserlich nicht so verschieden sind und es wohl auch chemisch nicht sein dürften, nie eine makroscopische Andalusitbildung als Kontaktwirkung beobachten können, auch wenn dieselben als Schollen tief im Granit lagen. Wie soll denn der gleiche Granit in einem analogen Gneis, oft in einer Distanz von gegen 2 km vom Granitrand entfernt, noch Andalusit erzeugt haben? Im Wallis finden sich die Andalusitgesteine auch ohne eine Spur von jungen Graniten, und es genügt daher unsern jetzigen Kenntnissen besser, wenn wir die Andalusitgesteine der „Cavloccioschuppe" und der Murettogegend als die Äquivalente der Walliser Kinzigite, zur Série de Valpelline gehörend, betrachten und eine Kontaktmetamorphose vom Granit aus hier ausschalten.

Die eigentliche Malojaserie der Margnadecke tritt mit dem Granit des Bergellermassives nirgends in Kontakt, derselbe berührt nur die tiefere Fedozserie. Diese wird zusammen mit den unterlagernden Grünschiefern im Fornotal vom Granit abgeschnitten, und jene Stelle bildet die normale Basis der eigentlichen Margnadecke. Deren untere Abzweigung, die Cavloccioschuppe, glaube ich nach gründlicher Prüfung zum mindesten als eine unnötige Komplikation der Tatsachen bezeichnen zu müssen, die nur vor der Kenntnis der Fedozserie gerechtfertigt war; die Cavloccioschuppe existiert hier als solche nicht, sondern ist einfach der normale untere Teil des Margnadeckenkernes. Denn eine Abtrennung derselben von der Fedozserie der Margna-Murettokette durch sichere mesozoische Sedimente wie Trias oder Schistes lustrés fehlt bis jetzt, und am Cavlocciosee sieht man die Andalusitgesteine in mehrfacher primärer Wechsellagerung mit den intrusiven Grünschiefern und Amphiboliten, die bis jetzt einzig eine Abtrennung der Cavloccioschuppe von der Margnadecke zu ermöglichen schienen. Am Piz Salacina sieht man die Biotitgesteine und Graphitphyllite der Fedozserie ganz allmählich in diese Grünschiefer übergehen, eine scharfe tektonische Grenze fehlt, und ganz die gleichen Grünschiefer sind noch in ziemlicher Menge als kleinere und grössere Lager in die Malojaserie auf Salacina selbst eingeschaltet. Die gleichen kleinen Lagergänge von Grünschiefern durchziehen auch die Andalusitgesteine am Cavlocciosee, so dass also eine Trennung der Andalusitserie von diesen Ophiolithen kaum möglich ist. Dieselben gehören vielmehr normal in den Kern der Decke, sie sind mit ein Glied der Fedozserie, mehr metamorphe Äquivalente der Gabbros und Grüngesteine von Val Fedoz und ent-

sprechen als solche durchaus den „roches basiques“ der Valpelline im Wallis.

Die Fedozserie der Margnadecke tritt aber nicht nur im Fornotal selbst mit dem Granit in Kontakt, sondern auch östlich desselben, wo man mächtige Granitgänge quer durch die liegenden Amphibolite bis in die Andalusitgneise und Murettoquarzite hineingreifen sieht, und dann vor allem westlich des Fornotales gegen das Bergell zu, in grossem Masstabe am Piz Murtaira, wo die Auflagerung der Fedozserie auf die Amphibolite, Grünschiefer und Schistes lustrés der Suretta sehr deutlich zu sehen ist. Grosse Schollen derselben schwimmen daselbst mitten im Granit und sind von Adern und Gängen desselben in innigster Weise durchwoben, und an manchen Orten sieht man den Granit quer zur Deckengrenze alle umgebenden Gesteine durchbrechen.

Endlich finden sich im Osten des Gebietes, am Monte del Forno, mitten in den Amphiboliten der Surettadecke nochmals Gesteine vom Typus der Fedozserie, nämlich Granatbiotitgneise und -Schiefer, und alte Kontaktmarmore wie diejenigen im Fex und Fedoz.

Mit dem Granitmassiv als solchem allerdings kommen diese Gesteine nicht in direkten Kontakt, wohl aber durchschwärmen am ganzen Monte del Forno riesige Granit-, Aplit- und Pegmatitgegänge kreuz und quer, ohne jede Rücksicht auf normale Gesteins- und Deckengrenzen, sowohl die Amphibolite als auch die Fedozgesteine. Die Wand östlich des Passo del Forno zählt sicher zum schönsten und gewaltigsten, was an Eruptivkontakten überhaupt zu sehen ist. In herrlicher Weise hat uns hier die Erosion den komplizierten Intrusionsapparat der Tiefe an einem klassischen Beispiel entblösst.

Aber nicht nur die Deckengrenze zweier übereinanderliegender grosser Stammdecken, der Margna und Suretta, wird vom Bergellergranit quer durchschnitten, sondern auch gemeinsame Kleinfalten dieser beiden grossen Einheiten. Die Falten der unterliegenden Surettadecke, die im Lavinaircrus hervortreten und sich an Hand der dortigen Trias- und Liasgesteine so trefflich studieren lassen, reproduzieren sich nämlich auch noch höher im Deckengebäude, in der Fedozserie der Margnadecke. Dem Südfallen der Surettatrias südlich des Lavinaircrus entspricht höher oben am Piz Murtaira ein gleiches Südfallen der Fedozserie, und dasselbe beobachten wir wieder im Fornotal. Der Gewölbeumbiegung der Surettatrias im Lavinaircrus entspricht ein prachtvolles Gewölbe in der Fedozserie im Tale des Fornogletschers. Östlich desselben ist dieses Gewölbe

vollständig geschlossen, die unterliegenden Amphibolite treten fensterartig darunter hervor, und das Ganze taucht flach gegen Osten unter. Westlich des Fornotales aber sieht man im Amphibolitkern dieses Gewölbes einen gewaltigen, wohl 500 m mächtigen Granitgang aufsteigen und mit einer Menge kleiner Apophysen mitten durch den Scheitel desselben bis weit in die hangende Fedozserie hineinsetzen. Nord- und Südschenkel des Gewölbes aber sind unversehrt erhalten geblieben.

Die gemeinsamen Detailfalten zweier übereinander liegender Decken werden also hier in klarer Weise vom Granit durchbrochen und nach allen Seiten durchadert.

Damit ist nun wohl des Beweises genug für das tertiäre Alter der Bergellergranite. Dieselben sind jünger als die Ineinanderfaltung der Decken, d. h. ihre Intrusion fällt in das Ausklingen der Alpenfaltung.

Die obere Altersgrenze der Bergellergranite aber ist gegeben durch die massenhaften Gerölle dieser Gesteine in der südalpinen, wohl obermiozänen Nagelfluh. Dort unten wird sich einst rekonstruieren lassen, was heute über dem Bergellermassiv nun leider fehlt, was eine grossartige Erosion schon längst entfernt hat: vor allem die oberen Teile der Intrusivmasse selbst und vielleicht auch das Dach derselben. Schon heute können wir aus dem starken Überwiegen der Tonalite über die Granite in der Südnagelfluh auf einen in der Hauptsache tonalitischen oberen Rand der Intrusivmasse schliessen, und eine genaue Untersuchung der südalpinen Nagelfluhgerölle von diesem Gesichtspunkt aus könnte noch zu manchem interessanten Resultate führen.

Noch eine Fülle von Fragen aber bleibt ungelöst. Was wissen wir heute von den Ursachen und dem näheren Mechanismus dieser gewaltigen Intrusion? Haben wir an ein Aufschmelzen fester Gesteine in grosser Tiefe, verursacht durch die Alpenfaltung, d. h. die Überdeckung mit den gewaltigen Gesteinsmassen der alpinen Decken, zu denken? Oder fand quasi ein mechanisches Aufsaugen unterirdischer Magmenherde in die gewaltige Antiklinale der Deckenscheitel statt, in deren Streichen die ganze Masse liegt? Die Detailbeobachtungen am Fornogletscher würden damit auch gut übereinstimmen, sehen wir doch auch dort im Kleinen dasselbe Phänomen, indem auch dort ein Granitstock direkt in eine Antiklinale hinein intrudiert worden ist. Oder hat der Einbruch der Poebene die umliegenden Magmenmassen automatisch in die Höhe gepresst? Ich glaube, alle diese drei Faktoren

waren an dem riesenhaften Vorgang irgendwie beteiligt, sie haben einander in die Hände gearbeitet.

Eine weitere wichtige Frage ist die: ist es überhaupt bei einer Intrusion geblieben, oder hat einst gar ein tertiärer Elbrus oder Kasbek hier die Alpen gekrönt? Vorderhand fehlen zur Entscheidung dieser Fragen zwar die nötigen Laven, aber wer weiss, ob sich nicht in der Südnagelfluh, die uns doch das Bild der tertiären Alpenoberfläche zeichnen muss, auch noch tertiäre Tuffe und Ergussgesteine finden.

Alle diese Fragen können ja heute nur angedeutet werden, und nur weitere sorgfältige Forschung kann uns deren Lösung näher bringen. Es wird denn auch meine Aufgabe sein, am Schlusse meiner Studien alle diese Probleme noch weiter zu beleuchten und zu klären. Ich verweise daher heute auf den entsprechenden „Beitrag zur Geologischen Karte der Schweiz", in dem alle diese Fragen nach gründlicher Prüfung alles irgendwie nützlichen Tatsachenmaterials eingehend erörtert werden sollen.

Nur auf eines will ich noch kurz hinweisen, nämlich auf die enorme Mannigfaltigkeit und Verschiedenheit der Kontakterscheinungen, die überall in klassischer Weise den Intrusivkörper begleiten. Schollenkontakt und Einschmelzung, Durchdringung der Umgebung mit Eruptivmaterial findet sich allerdings überall, aber in sehr ungleichem Masse. Erstaunlich gering sind an der Ostseite des Massivs die Breiten der Kontakthöfe, erstaunlich gross hingegen im westlichen Bergell. An der Vazzeda z. B. finden sich Kontakthöfe zwischen Triasmarmoren und Granit oft in einer Breite von nur wenigen Centimetern, und der Durchschnitt derselben übersteigt kaum 1—2 m. Die Kontaktmetamorphose ist genau auf diese schmale Zone beschränkt, und daneben ist z. B. die Trias ganz normal, rein gewöhnlich metamorph als Marmor entwickelt. Aber schon im oberen Bergell werden die Kontakthöfe grösser, dort ist z. B. die Trias in ihrer ganzen Mächtigkeit vollständig kontaktmetamorph, die Substanzzufuhr und die Einschmelzungen sind viel intensiver als am Ostrand, und gehen wir noch weiter nach Westen, so treffen wir im Val Bondasca alle Gesteine bis auf mehrere Kilometer Entfernung vom Granitrand intensiv auf- und eingeschmolzen und injiziert. Die Wirkung des Magmas war im Westen also viel intensiver als im Osten. Die Erklärung dieses anscheinend willkürlichen Phänomens ist sehr einfach. Da das ganze Deckengebäude und damit natürlich auch dessen einstige primäre tertiäre Oberfläche in dieser Region nach

Osten einsinkt, so gelangte eben der Ostrand des Massivs relativ viel näher an die damalige Oberfläche als der Westrand, die geringere Tiefe bedingte selbstverständlich geringere Temperaturen als im Westen, und daher kommt der gewaltige Unterschied in der Ausbildung der Kontakterscheinungen.

Noch vieles wäre zu berichten über die Geologie und die Tektonik des Bergellermassivs und über dessen so überaus reichhaltige Petrographie. Doch all das mitsamt den genauen Karten und Profilen soll der späteren Arbeit in den „Beiträgen" vorbehalten bleiben. Die vorliegende Mitteilung soll ja nur eine kleine Einführung in die Geologie dieses schönen Gebirgslandes sein.

Fassen wir nun vorderhand unsere wichtigsten geologischen Ergebnisse noch kurz zusammen, so ergibt sich folgendes:

I. Der Monte della Disgrazia besteht in seinem Gipfelbau aus Malencoserpentin; der Name Disgraziamassiv muss daher für unser Granitmassiv verlassen und durch einen anderen ersetzt werden. Ich schlage **Bergellermassiv** vor.

II. Von oben nach unten treten im Bergell folgende tektonischen Elemente mit dem Granit in Kontakt:

1. Die Margnadecke des Oberengadins mit ihrer Basis, der Fedozserie. Dieselbe konnte nun auch vom Monte del Forno und Murettopass bis ins Bergell nachgewiesen werden.

2. Die Surettadecke des Bergells mit ihrem Altkristallin, ihrer Trias, ihren Bündnerschiefern, Grünschiefern und sonstigen Ophiolithen. Trias und Bündnerschiefer derselben setzen auch noch südlich des Bergells fort, die erstere konnte in einem Zuge von über 20 km Länge bis zum Monte della Disgrazia verfolgt werden, immer zusammen mit den liegenden Gneisen, zerstückelt und injiziert durch den Granit.

3. Die Tambodecke des Bergells mit ihren kristallinen Schiefern, die hier mit denen der Suretta zu einer Einheit verschmolzen sind.

4. Die Serpentine von Chiavenna, die sicher bis Val Bondasca verfolgt werden konnten.

5. Die kristallinen Gesteine der Aduladecke im Val Bondasca.

Es werden also die Vertreter **aller drei grossen penninischen Stammdecken,** d. h. der Bernhard-, Monte Rosa- und der Dentblanchedecke **vom Bergellergranit durchbrochen.**

III. **Der Bergellergranit durchbricht** nicht nur an verschiedenen Orten wie am Monte del Forno, im Fornotal, am Piz Murtaira

und ob Borgonuovo **die grossen Deckengrenzen** oder **schneidet sie quer ab, sondern der Granit durchschwärmt an vielen Stellen rücksichtslos, nach allen Richtungen hin auch die kleinsten Detailfalten** in den Decken oder gar **komplizierte Verfaltungen zweier Decken oder Schuppen** miteinander. Die Cima di Vazzeda, das Fornotal und der Piz Murtaira samt dem Lavinaircrus sind herrliche Beispiele dafür.

IV. Der **Bergellergranit** ist daher **jünger als die Hauptphasen der Alpenfaltung,** er ist **postalpin,** und zwar, nach den Geröllen der südalpinen Nagelfluh, **frühjungtertiär.**

Damit glaube ich nun das Wichtigste über das Bergell mitgeteilt zu haben. Zügellos, wild und ohne jedes Gesetz wie seine granitenen Berge erschien zunächst der Gebirgsbau des Bergells, aber in wunderbare Harmonie löst er sich nun auf, und wohl nirgends in den Alpen finden wir einen zweiten Ort von solch packender Schönheit eines Eruptivkontaktes quer durch ein ganzes Deckenland hindurch wie eben hier im Bergellermassiv.

Benutzte Literatur.

1. E. Argand, Carte géologique du massif de la Dent Blanche. Mat. carte géol. Suisse, n. s. XXIII, carte spéciale n° 52, 1908.
2. — L'exploration géologique des Alpes Pennines Centrales. Bull. Lab. Géol. etc. Université Lausanne, n° 14, 1909.
3. H. P. Cornelius, Über die rhätische Decke im Oberengadin und den südlich benachbarten Gegenden. Zentralbl. Min. etc. 1912.
4. — Geologische Beobachtungen im Gebiete des Fornogletschers. Zentralblatt Min. etc. 1913.
5. — Zur Kenntnis der Wurzelregion im untern Veltlin. N. J. Min. etc. Beil. Bd. XL. 1915.
6. — Geologische Beobachtungen in den italienischen Teilen des Albigna-Disgraziamassivs. Geol. Rundschau 1915.
7. G. Melzi, Ricerche geologiche e petrografiche sulla Valle del Masino. Giorn. di Min. del Dott. Sansoni, 1893.
8. R. Staub, Zur Tektonik der südöstlichen Schweizeralpen. Beitr. z. geolog. Karte d. Schweiz, n. F., XLVI. Lief., I. Abteilung, 1916.
9. — Tektonische Karte der südöstlichen Schweizeralpen. Ebenda, 1916. Spezialkarte Nr. 78.
10. — Das Äquivalent der Dent Blanche-Decke in Bünden, deren Bedeutung und Nomenklatur. Vierteljahrsschr. d. Naturf. Ges. Zürich, 1917.
11. — Über Faciesverteilung und Orogenese in den südöstlichen Schweizeralpen. Beitr. z. Geologie d. Schweiz, n. F., Lief. XLVI, 3, 1917.
12. — Zur Kenntnis des jungtertiären Granitmassives im Bergell. Ecl. geol. Helv. Compte Rendu der Sitzung vom 11. Sept. 1917.
13. G. Steinmann, Die Bedeutung der jüngeren Granite in den Alpen. Geol. Rundschau, 1913.
14. G. Theobald, Die südöstlichen Gebirge von Graubünden. Beitr. z. geol. Karte d. Schweiz, Lief. III, 1866.
15. — Geologische Karte der Schweiz, 1:100 000, Blatt XX. Ebenda 1865.

Interglaziale Bildungen bei Wildhaus (Kt. St. Gallen).

Von

ARNOLD HEIM und H. GAMS.

(Als Manuskript eingegangen am 12. November 1917.)

A. Geologische Untersuchung.

Von Arnold Heim.

I. Einleitung.

Schon vor etwa 50 Jahren wurde in Wildhaus, auf der Nordseite des Simmibaches, beim Hause Loog 1065 m und östlich davon nach Kohle gegraben. Ein 25 m langer Graben wurde ausgehoben, der bald wieder einstürzte, ohne dass anstehende Kohle angetroffen worden war. Die Veranlassung zu diesen Arbeiten hatten Funde von losen Kohlestücken in der Moräne gegeben. Das ganze Gehänge südlich vom Schönenboden besteht aus Grundmoräne mit einzelnen Rheingletscherblöcken aus der letzten (Würm-) Eiszeit. Damals reichte der Gletscher bis zu etwa 1300 m Höhe (A. Gutzwiller, „Beiträge" 1877), also gegen 200 m höher als die Wasserscheide des Wildhauser Sattels (1028 m), und trieb nach den Befunden von A. P. Frey[1]) noch einen 2—3 km langen Lappen rückwärts darüber hinaus bis nach Unterwasser, wo er vom Thurtalgletscher gestaut wurde.

Die Schieferkohle im Simmibach wird von Albert Heim[2]) 1905 kurz beschrieben. Eine Übersicht über die Glazialbildungen von Wildhaus gibt die neue geologische Karte der Alviergruppe 1 : 25,000 von Arnold Heim und J. Oberholzer, 1917. Die Kohlennot unserer Kriegszeit veranlasste im Frühjahr 1917 den Regierungsrat des Kantons St. Gallen, an Albert und Arnold Heim den Auftrag zu erteilen, mittels Schürfungen die Mächtigkeit und Ausdehnung der Schieferkohlen von Wildhaus näher zu studieren und ihm Vor-

[1]) Alfred P. Frey, „Die Vergletscherung des oberen Thurgebietes", Jahrb. d. Nat. Ges. St. Gallen, 54. Bd. 1916.

[2]) Albert Heim, „Das Säntisgebirge", Beiträge z. geol. Karte d. Schweiz, n. F. Lfg. 16, 1905, pag. 292.

schläge für einen eventuellen Abbau zu unterbreiten. Wir verdanken Herrn Regierungsrat Dr. G. Baumgartner die Erlaubnis, unsere Beobachtungen wissenschaftlich zu verwerten. Ganz besonderen Dank schulden wir Herrn H. Gams, der auf unseren Wunsch die neuen

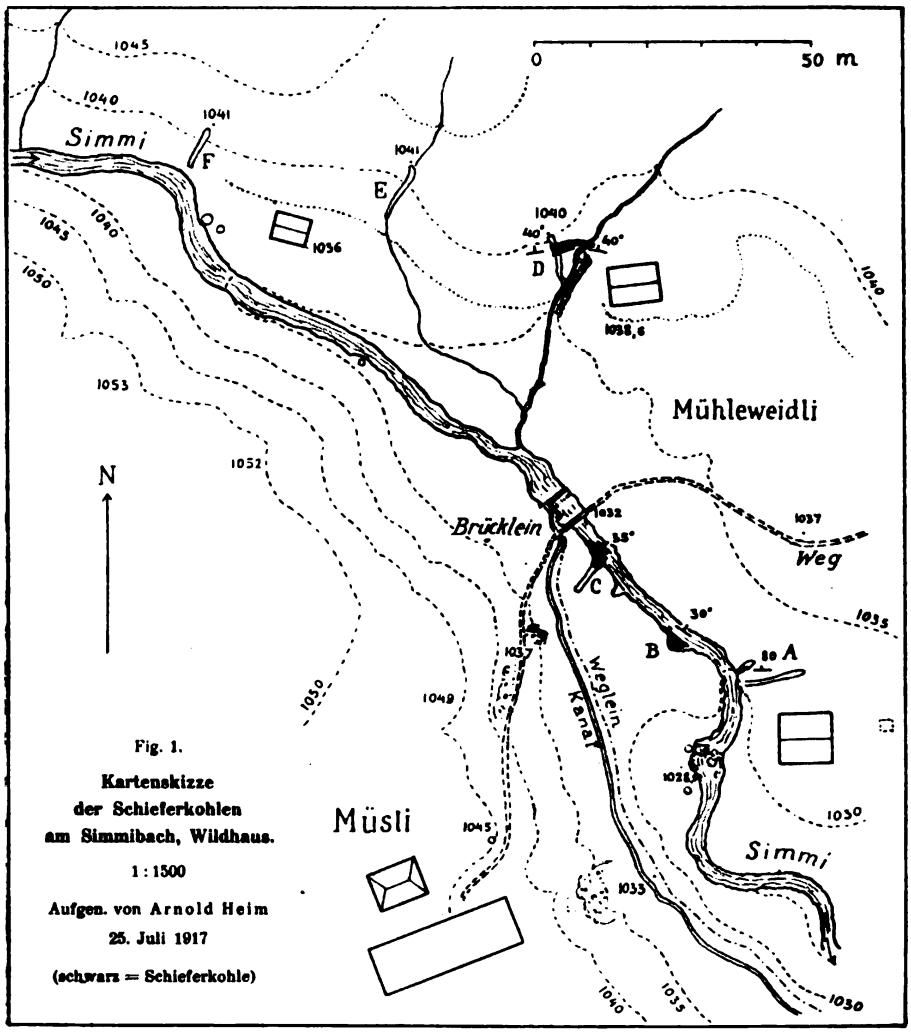


Fig. 1.
Kartenskizze der Schieferkohlen am Simmibach, Wildhaus.
1 : 1500
Aufgen. von Arnold Heim
25. Juli 1917
(schwarz = Schieferkohle)

Aufschlüsse auf gemeinsamer Exkursion besichtigte, und die biologische Bearbeitung des gesammelten Materials übernahm.

II. Die einzelnen Aufschlüsse.

In der beiliegenden Kartenskizze Fig. 1, (1 : 1500) sind die verschiedenen Kohlenausbisse an der Simmi schwarz angegeben. Sie befinden sich dicht beieinander, innerhalb einer Erstreckung von 85 m, beim sog. Mühleweidli, 1030—1040 m ü. M. Die unteren Auf-

schlüsse A, B, C liegen am Simmibach, teils im Bachbett selbst, unmittelbar unterhalb des Brückleins 1032 m (diese Höhe ist nur mit dem Nivellieranäroid bestimmt), über das ein Fussweg zum Hause Müsli führt. Die Schürfungen und natürlichen Aufschlüsse zeigen folgende Einzelheiten:

A. Unterster Schürfgraben: Plastischer blaugrauer Töpferton, darüber Moräne, keine Kohle. Im daneben liegenden Schürfloch wurde ein 90 cm dicker, fast senkrecht gestellter, E-W streichender und von Querbrüchen abgeschnittener Klotz von Kohle aufgedeckt. Auf seiner Nordseite ist er von grauem, tonigem Sand begleitet, sonst von allen Seiten von Moräne eingepackt.

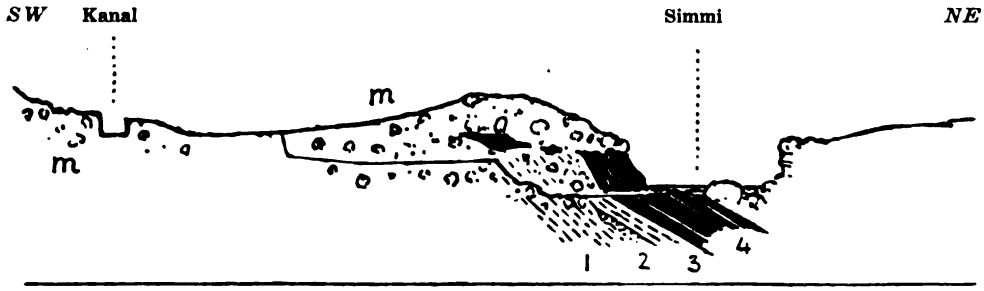


Fig. 2. **Die Kohle im Simmibach bei C.**
1 : 200.

B. Natürlicher Aufschluss auf der westlichen Seite des Simmibaches. Kohle 1 m mächtig, 30° NE fallend; unterer Teil härter und kompakter, oberer Teil weicher Moostorf, nach oben und unten scharf begrenzt. Liegendes: tonige Seekreide voller Fossilreste, massenhaft Oosporen und Wirtelabdrücke von Chara, Carex-Früchte, Picea-Pollen, Spongillen, Cladoceren, Rhizopoden, Schnecken wie Bythinia (Chitindeckel), Planorbis, verschiedene Arten von Diatomeen etc. Das Hangende wird von plastischem Ton gebildet.

C. Fortsetzung der gleichen Kohle in gleicher Schichtlage. Hier ist deutlich zu sehen, dass die Moräne, welche das Steilbord beim Müsli bildet, über die schief abgeschnittene Kohle hinweg greift (Fig. 2). Unter der Kohle liegt Lehm mit erratischen Steinen — vielleicht eine ältere Moräne oder von der oberen hinein verrutscht. Die Kohle scheint durch Moräne aufgeschürft und aufgerichtet zu sein. Mächtigkeit der reinen Schieferkohle 120—130 cm. 5 m südlich der Kohle sind die ursprünglich liegenden Schichten am Simmibord zu sehen: 1. tonige Seekreide, 2. weisse Sandschmitze, 3. 0,4 m braune Mergel mit blätterigen Mooskohle-Schichtchen.

D. 50 m weiter nördlich, in dem Bächlein neben dem Stall (1038,6 m), kommt wieder blätterige Kohle zum Vorschein. Der Schürfgraben daneben gibt einen klaren Einblick über die Aufeinanderfolge der Ablagerungen (Fig. 3) von unten nach oben:

1. Zäher, plastischer Ton, inwendig bläulich, fossilleer;
2. ca. 1,5 m tonige Seekreide voller Gastropoden, Chara, Diatomeen etc., wie bei B, nur etwas gelblicher;
3. 0,06 m zäher plastischer Tonschlamm;
4. 0,7 m Kohle wie bei B und C, beidseitig scharf begrenzt und von Querbrüchen durchschnitten, längs denen das Flöz etwas verschoben ist;
5. 0,5 m zäher, plastischer Ton wie 1;
6. 1 m bläulicher, feinkörniger toniger Sand, darüber diskordant

m = Grundmoräne.

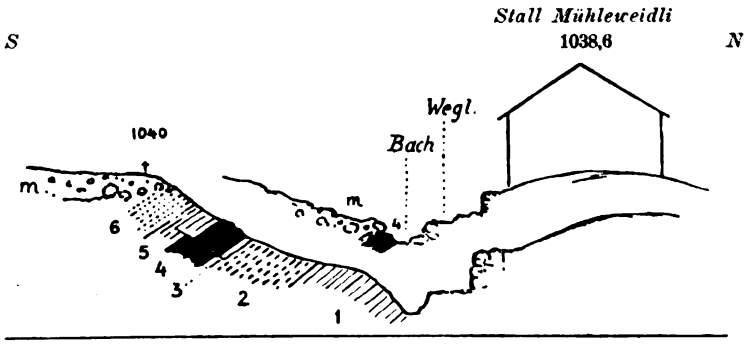


Fig. 3. **Das interglaziale Profil des Schürfgrabens D am Seitenbächlein bei Mühleweidli.**

1 : 200.

Die Schichten 1—4, wahrscheinlich auch noch 5, zusammen etwa 5 m mächtig, gehören anscheinend einer ursprünglich normalen Folge an und fallen wie das Kohlenflöz selbst gleichförmig 33—40° nördlich unter den Wiesenhang hinein.

E. In diesem Schürfgraben, der allerdings nur 1,5 m tief ausgehoben wurde, ist Kohle nur in grösseren und kleineren Blöcken und Schmitzen vorhanden, eingebettet in zähem Lehm mit erratischen Steinen. Es handelt sich um Grundmoräne mit aufgeschürftem Material der Kohlenserie.

F. Lehm mit Steinen, im oberen Teil eine Lage mit zerstreuten Kohlenbrocken.

G. In dem letzten, etwa 70 m weiter NW liegenden Graben kam merkwürdigerweise anstehender Nummulitenkalk zum Vorschein.

III. Beschaffenheit, Lagerung und Ausdehnung der Kohle.

Die Kohle ist eine typische Schieferkohle, braunschwarz und von braunem, weichem Strich, dünnschieferig. Beim Trocknen zerreisst sie und blättert auf wie Tannenrinde. Sie gleicht völlig derjenigen von Uznach und Dürnten. Normale Mächtigkeit 70—100 cm, Beschaffenheit gleichmässig bei beidseitig scharfer Abgrenzung, ohne Unterbrechungen, meist ohne sandige, tonige oder kalkige Einlagerungen im Flöze selbst. Aus den zahlreichen Organismenresten der Seekreide muss man auf das Vorhandensein eines interglazialen Sees schliessen, in dessen Verlandung sich die Kohle gebildet hat. Die Überlagerung der Moräne und die Verschleppung der Kohle in die Moränen hinein beweist, dass die Kohle samt den Seeschlamm-Ablagerungen älter ist als die letzte Vergletscherung. Im „Bühlstadium" haben Rhein- und Säntisgletscher den Sattel von Wildhaus (1028 m) nicht mehr überflutet. Die Kohle kann also nur vom „Würmgletscher" verschürft worden sein und ist daher nicht interstadial, sondern interglazial. Sie gehört offenbar in die letzte Interglazialzeit, ganz ebenso wie die ähnlichen Schieferkohlen von Wetzikon, Dürnten, Eschenbach, Uznach.

Es frägt sich nun, ob die Vorkommnisse A, B, C einem anderen tieferen Kohlenflöz angehören als D, oder ob beide Teile der gleichen Schicht angehören. Offenbar ist das letztere der Fall, denn das Aussehen der Kohle und der begleitenden Seeschlamm-Absätze ist durchaus gleichartig. Wir müssen also wohl auch annehmen, dass die Zerstückelung dem aufschürfenden Gletscher zuzuschreiben ist. Ursprünglich muss diese Seekreide und Kohle annähernd horizontal abgelagert worden sein. Die Schrägstellung, Aufrichtung auf meistens 30° (B, C) bis zu fast senkrechter Lage (A), die Zerstückelung und Verschleppung ist die Arbeit des vorrückenden Gletschers. Ob dieser von SW oder NE her gestossen hat, liess sich nicht sicher entscheiden. Vielleicht befand sich während der letzten Interglazialzeit im Niveau der Wasserscheide (1028 m), wo jetzt noch in Form von Torf Kohle entsteht, ein grösserer See, und möglicherweise befindet sich die Fortsetzung des Kohlenflözes vom Simmibach, horizontal gelagert, irgendwo unter dem Munzenried oder der verschwemmten Moräne von Riethalden.

Anderseits ist aber auch an den Schönenboden zu denken, wo jetzt noch ein kleiner Moränensee mit Torfufern bei 1104 m besteht. Freilich wäre schwer verständlich, wie von dort herab auf 700 bis 1000 m Entfernung ein ganzes interglaziales Schichtprofil verschleppt

werden konnte, ohne aus Rand und Band zu gehen. Der ursprüngliche See der Simmibachbildungen hat wohl doch in unmittelbarer Nähe gelegen. Hingegen könnten die losen Kohlenstücke von Loog von einem zweiten interglazialen Becken stammen, das mit dem Schönenboden zusammenfällt.

Zur Prüfung der Frage, ob das Kohlenflöz unter Riethalden und Munzenried fortsetzt, wäre die Anlage eines gut ausgezimmerten Schürfschachtes nahe dem Bühl, zwischen Bühl und Punkt 1028 oder etwas südlicher zu empfehlen. Damit würde zugleich die Mächtigkeit und Schichtfolge des Torfes im Munzenried festgestellt.

Die technische Untersuchung der Schieferkohle von Stelle C und D, ausgeführt von der eidgenössischen Prüfungsanstalt für Brennstoffe in Zürich, hat folgendes ergeben:

	C	D
grobe Feuchtigkeit . .	38,3 %	44,0 %
Elementaranalysen (lufttrocken)		
Kohlenstoff	51,4 %	49,3 %
Wasserstoff	4,3	4,5
Sauerstoff	22,3	26,1
Schwefel	0,4	0,7
flüchtige Kohlensäure (aus Carbonaten) . . .	0,3	0,3
Asche	10,5	7,7
Wasser	10,8	11,4
	100,0	100,0

Verkokung.

Das lufttrockene Material liefert:

	C	D
Kokpulver	39,6 %	35,2 %
Fixen Kohlenstoff . . .	28,0	26,1
Flüchtige Bestandteile .	49,6	53,4
Asche	11,6	9,1
Wasser	10,8	11,4

Heizwert.

1 kg Rohkohle gibt	2610	2208	Wärmeeinheiten
1 kg lufttrockene Kohle gibt . .	4604	4416	„
Verbrennungswärme der brennbaren Substanz	6254	5865	„

Die Probe von D entspricht nach der Zusammensetzung einem älteren Torf, während bei derjenigen von C die Inkohlung etwas weiter vorgeschritten ist und diese einer ganz jungen Braunkohle gleicht.

B. Biologische Untersuchung.

Von **H. Gams.**

I. Ziel und Methode.

Da sich von Herrn Dr. Arnold Heim gesammelte Proben der Kohlen- und Gyttja-Bildungen von Wildhaus als recht fossilreich erwiesen, übernahm der Verfasser gern eine Bearbeitung der Funde. Die Ergebnisse einer Untersuchung der frisch hergestellten Aufschlüsse im Mai 1917 liessen den Versuch aussichtsreich erscheinen, die an der Bildung dieser Ablagerung beteiligten Lebensgemeinschaften, im Vergleich mit lebenden, etwas eingehender zu studieren, als es bei den vorliegenden Untersuchungen von Interglazialfunden durch Heer, Neuweiler u. a. meist der Fall war (vgl. die Literaturnachweise in Früh und Schröter: Die Moore der Schweiz 1904, und in Penck und Brückner: Die Alpen im Eiszeitalter 1909).

Die gesammelten Proben aus den Aufschlüssen A—D wurden makroskopisch und mikroskopisch untersucht. Wo blosses Schlemmen nicht genügte, wurden die kalkreichen Sedimente mit HCl, zur Gewinnung der Kieselskelette auch noch mit $K_2 Cr_2 O_7 + H_2 SO_4$ behandelt, die Torfbildungen mit NH_3. Bei der vorläufigen Bestimmung — manche Reste konnten noch nicht bestimmt werden — unterstützten mich die Herren Ch. Meylan - La Chaux (Moose), F. Meister - Horgen (Bacillariaceae) und H. Kutter - Zürich (Coleoptera), wofür ihnen mein bester Dank ausgesprochen sei. Die übrigen Bestimmungen nahm ich selbst vor unter Benutzung von rezentem Vergleichsmaterial.

II. Befunde.

In den am wenigsten gestörten Aufschlüssen B, C und D lässt sich überall die gleiche Schichtfolge feststellen. Auf den liegenden Glaziallehm, der natürlich fossilleer ist, folgt:

1. Seekreide (2 in Fig. 3) von über 1 m Mächtigkeit, eine sehr kalkreiche Gyttja (Mudde, Söblege), die durch ihren Reichtum an Molluskenschalen auffällt. Am häufigsten ist die an ihren Deckeln leicht kenntliche *Bythinia tentaculata* L., häufig auch *Planorbis* cf. *complanatus* L. und Bruchstücke von *Limnaea* (wohl *L. stagnalis* L. und *auricularia* L.), spärlicher *Valvata piscinalis* O. F. Müll. und ein *Pisidium,* also durchwegs in den heutigen Schweizerseen bis in die subalpine Stufe verbreitete Arten. Völlig analoge Bildungen, auch mit vorherrschenden Bythinien und Planorben, zumeist freilich ausgestorbenen Arten, finden sich übrigens schon in der Obern Süss-

wassermolasse, z. B. um Zürich. Und wie in diesen Molassemergeln finden sich auch in der Seekreide von Wildhaus ganze Schichten einer Chara-Gyttja, die fast ganz aus Stengelstücken und Oosporen einer *Chara* sp. aufgebaut ist und nur wenig Sapropel enthält.

Wie in den Seekreiden der heutigen Schweizerseen finden sich auffallend wenig Reste von Plankton- und Schlammorganismen, nur unbestimmbare Bruchstücke von Eiern, Cladocerenpanzern und Rhizopodengehäusen, sowie Fäkalbrocken. Auch die Bacillariaceen sind grösstenteils durch die Diagenese zerstört. Immerhin erwies sich eine Probe aus B als ziemlich reich an solchen; es sind überhaupt die ersten aus der Schweiz bekannten fossilen Diatomeen. Neben zahlreichen Spicula einer *Spongilla* — vermutlich *Sp. lacustris* L. — fanden sich folgende Arten:

Cyclotella Kützingiana Thw.
Eunotia arcus (Kütz.) Grun.
Cocconeis placentula Ehrenb.
Diploneis elliptica Kütz.
Pinnularia major Kütz.
Stauroneis phœnicenteron Ehrenb.
Gyrosigma attenuatum Kütz.
Gomphonema intricatum Kütz.
Cymbella affinis Kütz.
„ *Ehrenbergii* Kütz.
„ *leptoceros* Grun.
„ *ventricosa* Kütz.

Diese heute wohl in allen grössern Schweizerseen und auch in kleinern Gewässern verbreiteten Arten fanden sich in der Probe nur spärlich, in Menge dagegen *Epithemia Mülleri* Fricke, verwandt mit *E. argus* Ehrenb., jetzt — nach Meister — im Genfersee, Neuenburgersee und Luganersee häufig, auch im Blausee bei Kandergrund und im Rotsee bei Luzern nachgewiesen. Die als *Pyxidicula Nægelii* Ehrenb. = *Dalai Lama tibeticus* Mer bezeichneten Kieselschalen sind jetzt besonders in subalpinen Seen häufig. Meister stellt sie neben *Actinocyclus* zu den zentrischen Kieselalgen; meines Erachtens dürfte es sich aber eher um Kieselzysten verschiedener Chrysomonaden handeln.

Ausserdem fanden sich in der Seekreide spärliche Pollenkörner von *Picea excelsa* (Lam.) Link und allerlei vegetabilischer Detritus, wie Radizellen.

2. Ufergyttja. (3 in Fig. 3.) Über der Seekreide folgt eine nur wenige Centimeter mächtige Schicht, die schon durch ihre bräunliche Färbung und frisch gallertige Beschaffenheit einen grössern Gehalt an Sapropel verrät. Immerhin ist auch hier der Kalkgehalt noch bedeutend; die Mollusken, besonders *Bythinia,* sind noch fast so häufig wie in der Seekreide, auch *Chara* ist, wenigstens stellenweise, noch stark vertreten. Zahlreiche Stücke von Wurzelgeflecht, Fäkalklümpchen

und Samen lassen erkennen, dass es sich um eine Flachuferbildung handelt. Von echtem Saprokoll oder Lebertorf unterscheidet sich diese „Ufergyttja" durch ihren beträchtlichen Kalkgehalt und vereinzelte Quarzkörnchen. Neben häufigen Blatt- und Wurzelresten, auch Holzstückchen, finden sich reichlich Früchtchen von *Schœnoplectus lacustris* (L.) Palla und *Potamogeton natans* L. Einzelne Früchtchen scheinen mir zu *Potamogeton alpinus* Balbis und *P. filiformis* Pers. zu gehören. Ferner finden sich Samen von noch unbestimmten Gramineen, Cyperaceen und Dikotylen, vereinzelt schon solche von *Menyanthes trifoliata* L.

3. Schieferkohle. In dem 70—130 cm mächtigen Kohlenflöz, das lediglich gepressten Torf darstellt, lassen sich deutlich verschiedene Horizonte nachweisen.

a) Ufertorf. Es sind oft leicht blätternde Lagen, denn sie bestehen vor allem aus Rhizomen und Blättern von Schilf, *Trichoon Phragmites* (L.) und Cyperaceen, stellenweise, besonders in C, vorwiegend aus den glatten Rhizomen von *Menyanthes trifoliata* L., deren leicht kenntliche Samen sich auch vielfach finden. Zwischen diesen „Splittlagen" findet sich krümeliger „Dy-Torf" mit vereinzelten *Spongilla*-Nadeln und Diatomeen, besonders *Navicula* sp., Resten von *Chroococcaceen*, Insekteneiern und (in B) Statoblasten von *Plumatella* cf. *repens* L., auch Früchtchen von *Schœnoplectus* und *Potamogeton natans*, sowie *Picea*-Pollen. Bereits stellen sich einzelne Astmoose ein, vor allem (besonders reichlich in A) *Scorpidium scorpioides* (L.) Limpr., ferner *Calliergon giganteum* (Schimp.) Kindb. und *Drepanocladus intermedius* (Lindb.) Warnst. Dazu kommen die im Moostorf häufigen blauglänzenden Flügeldecken einer Chrysomelide, sehr wahrscheinlich *Plateumaris sericea* (L.) (= *Donacia s.*) var. *sibirica* Solsk, die auch Heer in Dürnten und Uznach fand.

b) Moostorf. Es ist meist kompakter Torf, der neben spärlichen Resten von Cyperaceen (*Eriophorum* sp.?) und *Menyanthes* vor allem aus Hypnaceen besteht. Interessant ist das durch Samen in D nachgewiesene Vorkommen von *Scheuchzeria palustris* L. Unter den bestimmbaren Moosen — die meisten sind recht schlecht erhalten — findet sich ein einziges akrokarpes: *Philonotis caespitosa* Wils. (in C); alle andern sind Hypnaceen, und unter diesen dominiert *Calliergon trifarium* (W. u. M.) Kindb., die Leitart der interglazialen und jungpostglazialen Moore. Ausserdem finden sich *Drepanocladus revolvens* (Sw.) Warnst., *D. intermedius* (Lindb.) Warnst., *D. exannulatus* (Gümb.) Warnst. und *D. fluitans* (L.) Warnst., *Scorpidium scorpioides* (L.) Limpr., *Calliergon giganteum* (Schimp.) Kindb. und

C. sarmentosum (Wahlenb.) Kindb. Zwischen diesen beiden Arten soll nach Meylan bei Neuweiler (Ber. Zürcher Bot. Ges. 1905) das *Hypnum priscum* von Schimper in Heer stehen, wogegen das *Hypnum lignitorum* Schimper's mit *Calliergon trifarium* identisch sein soll.[1])

Des häufigen Vorkommens des Käfers *Plateumaris sericea* L. — oder *P. braccata* Scop.? — ist schon gedacht worden.

4. Glazialle hm. Auf die nach unten und besonders oben scharf abgegrenzte Schieferkohle folgt wiederum fossilleere Grundmoräne.

III. Rekonstruktion der Lebensgemeinschaften.

Welches die herrschende Vegetation zur Zeit der Schieferkohlenbildung im letzten Interglazial war, wird sich aus diesen Vorkommnissen, die eben nur lokal bedingte Ausnahmen darstellen, wohl nie sicher entscheiden lassen. Dass auf der Höhe von Wildhaus (1030 bis 1040 m) die durch Pollen nachgewiesene Fichte herrschend war, ist möglich, aber nicht bewiesen. Ob ihr auch in der Gyttja gefundene Zweigstückchen angehören, bleibt noch zu untersuchen. In den wohl gleichaltrigen Schieferkohlen von Dürnten, Wetzikon, Uznach, Mörschwil sind ausserdem Föhre, Weisstanne, Lärche, Eibe, Bergahorn, Birke, Stieleiche und Hasel nachgewiesen. Über das herrschende Klima des Riss-Würm-Interglazials sind wir mangelhaft unterrichtet; nichts deutet aber auf einen wesentlichen Unterschied vom heutigen; das Fehlen der Buche kann ja historisch bedingt sein. (Vgl. aber auch die Auffassung von Brockmann-Jerosch: Die fossilen Pflanzenreste des glazialen Delta bei Kaltbrunn, St. Gallen 1910.)

Dass „edaphische" Pflanzengesellschaften wie die der Wasser- und Sumpfpflanzen, von den klimatischen Faktoren unabhängig seien, ist unrichtig. Sie reagieren z. B. ebenso scharf auf die Temperatur wie die Landpflanzen, nur ist die für sie massgebende Temperatur von der Schattentemperatur der Luft weitgehend unabhängig, so dass nur auf die lokal, nicht aber auf die allgemein wirkenden Faktoren geschlossen werden kann. Vgl. Vahl 1906.

Über die Entstehung, die Ausdehnung und das Verschwinden des interglazialen Wildhauser-Sees geben die geologischen Studien kein Ergebnis. Wohl aber vermögen wir aus der Lebewelt einige Schlüsse auf die physikalisch-chemischen Verhältnisse zu ziehen.

Die Tiefe des Sees dürfte nach den Wasserpflanzen und Mollusken zu urteilen, mindestens 3 m erreicht haben. Über die physikalischen Zustände lässt sich etwa folgendes aussagen — von dem

[1]) Zwischenformen zwischen *Calliergon giganteum* und *sarmentosum* fanden sich auch in Wildhaus. Auch *C. stramineum* (Dicks.) Kindb. dürfte kaum gefehlt haben.

am schärfsten reagierenden Plankton ist leider nichts erhalten —: Der Temperatur nach gehörte der See zu den temperierten (nach Forel), die Potamogetonen lassen auf eine sommerliche Oberflächentemperatur von 14—18° schliessen, am Ufer stieg sie wohl auf 20° und mehr. Die winterliche Eisbedeckung dürfte 4—5 Monate gedauert haben (nach Vergleich mit den Angaben über verschiedene Alpenseen in Zschokke: Die Tierwelt der Hochgebirgsseen 1900, und eigenen Beobachtungen). Über die Grundtemperatur lässt sich nichts aussagen, da über die Temperaturansprüche der Bacillariaceen — mit Ausnahme der planktonischen — und Mollusken äusserst wenig bekannt ist.

Das Fehlen grösserer Faulschlammbildungen lässt auf klares Wasser mit bedeutender Sichttiefe schliessen, der hohe Kalkgehalt der Seekreide auf blaugrüne Färbung, die Bildung der Ufergyttja auf wenigstens zeitweise beträchtlichen Wellenschlag.

Nach der mächtigen, vorwiegend von Chara und Mollusken gebildeten Seekreide muss der Kalkgehalt des Wassers hoch gewesen sein, ich schätze ihn auf 150—180 mgr $CaCO_3$ pro Liter (Bodensee 107, Zürichsee 112, Greifensee 180—190 mgr).

Die in der Ufergyttja und dem Ufertorf enthaltenen Pflanzenreste lassen auf die in Fig. 4 veranschaulichten Verlandungsgürtel schliessen: zu äusserst *Chara*-Bestände, dann ein *Schœnoplectus*-Gürtel (Scirpetum), in dem der ähnliche Temperaturansprüche stellende *Potamogeton natans* wuchs. An Stengeln und wohl auch an Steinen wuchsen hier *Spongilla* und *Plumatella*. *Potamogeton filiformis* bevorzugt Wassertemperaturen um 10°, *P. alpinus* nur wenig höhere, *P. natans* und *Schœnoplectus* verlangen zeitweise Erwärmung auf gegen 20° und mehr. Beide steigen, wie auch der Schilf, in den Alpen vereinzelt bis ca. 1800 m. An flachen Uferstellen dürfte ein Schilfröhricht gestanden haben, an steilern ein Schwingrasen, gebildet aus Hypnaceen, besonders dem grosse Kalkmengen gut ertragenden *Scorpidium* und aus *Menyanthes*. Die Einlagerungen von Dy-Torf im Schilf- und Menyanthes-Torf dürften durch Einschwemmung von Sapropel unter die Schwingrasen entstanden sein.

Auf die Schilf- und Fieberklee-Bestände folgte Flachmoor, mit kalkliebenden oder indifferenten Hypnaceen, wie *Calliergon giganteum*, *Drepanocladus revolvens* u. s. w., in Wasserlöchern *Scorpidium*, *Drepanocladus exannulatus* und *fluitans*, ferner Süss- und Sauergräsern. Und wie sich heute die metallisch glänzende *Plateumaris sericea* zur Zeit der Fieberklee-Blüte auf verschiedenen Sumpfpflanzen herumtreibt, so wohl auch dazumal.

Ob die nun folgende Moostorfbildung ein gleichzeitiges Glied dieser Verlandungssuccession darstellt, scheint mir unsicher, vielleicht

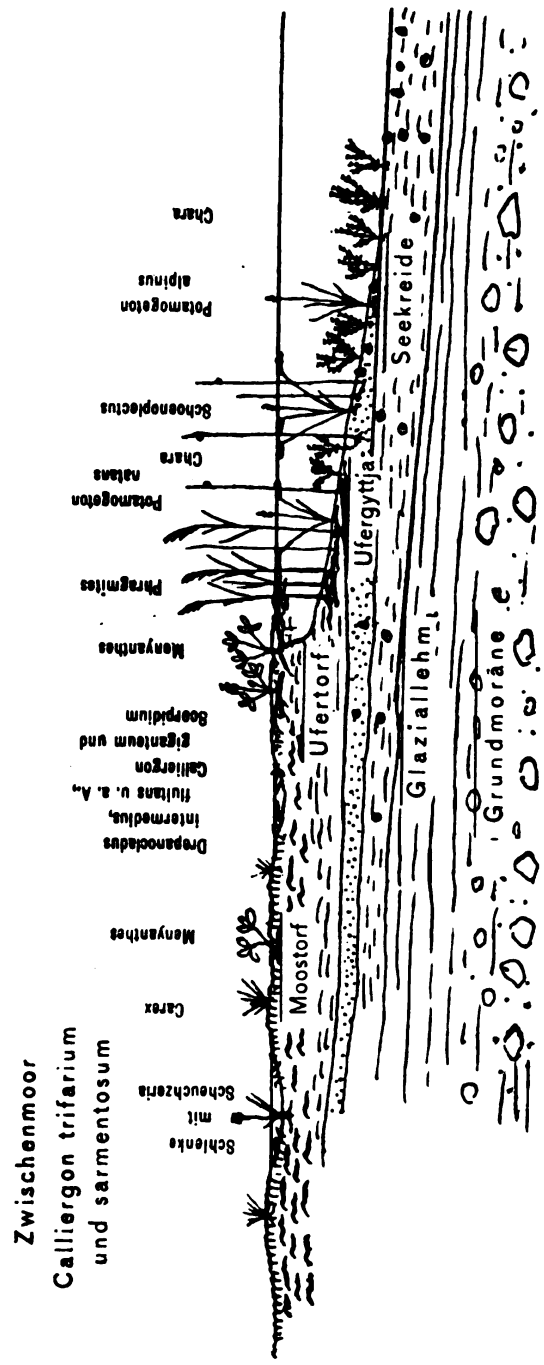


Fig. 4. Die mutmasslichen Verlandungsgürtel am interglazialen See von Wildhaus.

ist sie in einem kältern Klima erfolgt, das dem neuen Gletschervorstoss vorausging, und zwar aus folgenden Gründen. Es handelt sich um ein typisches *Zwischenmoor,* das sich auf dem schon recht kalkarmen Flachmoortorf einstellte. Während nun aber heute in den grossen subalpinen Mooren, wie denen von Einsiedeln, am Geissboden und auch in dem von Wildhaus, die Schnabelsaat, *Rhynchospora alba,* diese Bildungen beherrscht, konnte sie weder im Moostorf von Wildhaus, noch in den andern interglazialen Schieferkohlen nachgewiesen werden. Dafür dominieren Astmoose, besonders *Calliergon trifarium.* (Vgl. über dessen Vorkommen Früh und Schröter, „Die Moore der Schweiz".) Auch an der Basis der grossen postglazialen Hochmoore findet sich das eigenartige *Trifarietum,* während diese Art — sie ist circumpolar — heute nur vereinzelt unter andern Moosen, wie *Drepanocladen, Scorpidium* und *Sphagnum* vorkommt. Nun ist bemerkenswert, dass in den grossen Mooren des Hoch-Jura *Rhynchospora* gleichfalls fehlt, und dass hier das Zwischenmoor neben *Trichophorum alpinum* vornehmlich aus den genannten Moosen besteht. Während *Scheuchzeria* in den Schlenken der subalpinen wie der jurassischen Moore verbreitet ist, ist das heute in Wildhaus, Einsiedeln und auf dem Geissboden so häufige *Lycopodium inundatum* im Jura selten, auch interglazial nicht bekannt.

Auf die Ursachen dieser Eigentümlichkeiten vermag vielleicht die folgende, nach Maurer, Billwiller und Hess (Das Klima der Schweiz 1910) zusammengestellte Temperaturtabelle einiges Licht zu werfen.

Stationen		Schattentemperatur der Luft in den Monaten						
		April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober
Wildhaus 1100 m ü. M.	Monatsmittel	5,4	9,1	12,5	14,6	13,8	11,1	6,3
	Mittleres Minimum	-4,0	-2,7	4,0	6,4	5,8	2,4	-2,2
	Mittleres Maximum	16,4	21,1	23,7	26,0	24,3	22,1	17,6
Einsiedeln 910 m ü. M.	Monatsmittel	5,1	9,3	13,0	14,9	14,0	11,2	5,9
	Mittleres Minimum	-4,0	1,0	5,3	8,1	6,4	2,5	-3,4
	Mittleres Maximum	16,5	20,6	23,5	25,2	24,4	21,8	16,9
La Brévine 1080 m ü. M	Monatsmittel	4,1	7,9	11,4	13,4	12,5	10,0	4,5
	Mittleres Minimum	-8,3	-0,8	3,9	5,6	3,6	0,3	-5,3
	Mittleres Maximum	14,9	19,6	23,4	25,5	23,0	21,7	16,4
Arosa 1835 m ü. M.	Monatsmittel	1,4	5,4	9,8	11,3	11,0	8,6	3,7
	Mittleres Minimum	-6,9	-3,4	1,8	2,8	3,2	0,2	-6,7
	Mittleres Maximum	11,1	15,3	20,0	22,0	21,0	19,1	15,5

Bei Benutzung dieser Zahlen ist zu beachten, dass die tatsächliche Lufttemperatur in den Mooren von den Stationstemperaturen wesentlich abweicht; die Minima sind im Moor tiefer, die Maxima höher. (Vgl. die Messungen von Düggeli im Einsiedler Moor, Vierteljahrsschrift Nat. Ges. Zürich 1903.) Während die ähnlichen Zahlen von Wildhaus und Einsiedeln Anhaltspunkte für den heutigen Temperaturgang in den grossen subalpinen Mooren bieten, können die Zahlen von Arosa als untere Grenze der am interglazialen See herrschenden Lufttemperaturen genommen werden, denn bei Arosa liegen die höchsten bekannten Fundorte von *Phragmites* und *Schœnoplectus*.

Die Zahlen von La Brévine, dessen Moore den interglazialen wesentlich ähnlicher sind als die von Wildhaus und Einsiedeln, können etwa als obere Grenze gelten. So kann man mit einiger Sicherheit annehmen, dass der Temperaturgang, wenigstens in den Sommermonaten, am interglazialen Moor zwischen den von La Brévine und den von Arosa fallen muss, dass der Sommer also etwas kälter war als heute. Dabei ist aber zu bedenken, dass dies nur für das Moor, nicht aber für den vorangegangenen See zu gelten braucht.

Zu einer Bildung von Hochmoor über dem Zwischenmoor hat es der vorrückende Gletscher nicht kommen lassen. Von *Sphagnum* hat sich keine Spur gezeigt, doch findet sich das exquisit kalkfliehende *Calliergon sarmentosum,* eine sowohl in der Arktis wie in der Antarktis verbreitete Art, die ihre grösste Häufigkeit in Mitteleuropa erst über der Waldgrenze erlangt.

Über die Dauer der interglazialen Vegetation von Wildhaus lassen sich kaum Vermutungen anstellen. Die Aufschlüsse sind zu dürftig, und wir sind auch über das Wachstum der lakustren Ablagerungen und auch der Moore noch zu wenig orientiert. Möglich, dass eine minutiöse Zählung der einzelnen Samen- und Insektenführenden Lagen gewisse Anhaltspunkte bieten würde; ob aber das Resultat dem Mühe- und Zeitaufwand entsprechen würde, bleibe dahingestellt.

Nach Abschluss dieser Zeilen erhielt ich Kenntnis von der grundlegenden Untersuchung norrländischer Moore von Elias Melin (Uppsala 1917). Die darin in mustergiltiger Weise beschriebenen Zwischenmoorbildungen gleichen in hohem Grad denen des Hochjura und des interglazialen Moors. Die Mitteltemperaturen an den norrländischen Stationen (64° n. Br.) fallen fast durchwegs zwischen die Werte von La Brévine und Arosa, eine unerwartete Bestätigung meiner Annahme.

IV. Literaturverzeichnis.

Bodenburg-Hellmund, H. W. Die Drumlin-Landschaft zwischen Pfäffiker- und Greifensee. Diss. Zürich 1909.

Brockmann-Jerosch, H. Die fossilen Pflanzenreste des glazialen Delta bei Kaltbrunn. St. Gallen 1910.

Düggeli, Max. Pflanzengeographische und wirtschaftliche Monographie des Sihltales bei Einsiedeln. Vierteljahrsschr. Nat. Ges. Zürich XLVIII (1903).

Früh, J. und Schröter, C. Die Moore der Schweiz. Bern 1904.

Heer, Oswald. Die Schieferkohlen von Utznach und Dürnten. Vortrag Zürich 1858.

— Die Urwelt der Schweiz. Zürich 1865 und 1879.

Heim, Alb. Geologie der Schweiz. 4. Lief. Leipzig 1917.

Maurer, J., Billwiller und Hess. Das Klima der Schweiz. 1909/10.

Melin, Elias. Studier över de Norrländska myrmarkernas vegetation. Uppsala 1917.

Neuweiler, E. Zur Interglazialflora der schweizerischen Schieferkohlen. Ber. d. Zürcher Bot. Ges. 1905.

— Über die subfossilen Pflanzenreste von Güntenstall. ibid. 1907.

Penk, A. und Brückner, E. Die Alpen im Eiszeitalter. Leipzig 1901—9.

Post, L. v. und Sernander, R. Pflanzenphysiognomische Studien auf Torfmooren in Närke. XI. Geol. Congr. Stockholm 1910.

Potonié, H. Die rezenten Kaustobiolithe und ihre Lagerstätten. Berlin 1908—13.

Potonié, H. und Gothan, W. Paläobotanisches Praktikum. Berlin 1913.

Schröter, C. Die Flora der Eiszeit. Zürich 1882.

Vahl, Martin. Bemaerkningar angaaende Lufttemperaturers Anvendelighed i plantegografiske og zoogeografiske Undersögelser. Medd. Dansk geol. Förening. Kopenhagen 1906.

Wesenberg-Lund, C. Über einige eigentümliche Temperaturverhältnisse in der Litoralregion der baltischen Seen und deren Bedeutung. Intern. Rev. d. ges. Hydrobiologie u. Hydrographie, Leipzig 1912.

Zschokke, F. Die Tierwelt der Hochgebirgsseen. Neue Denkschr. d. Schweiz. Nat. Ges. Zürich 1900.

Aus dem Anatomischen Institut Zürich.

Beitrag zum Umbildungsprozess des Brustkorbes.

Von

Hedwig Frey.

Mit 16 Figuren im Text.

(Als Manuskript eingegangen am 6. Dezember 1917.)

Die menschliche Wirbelsäule ist nach E. Rosenberg u. a. im Prozess der Umformung begriffen; die Grenzen zwischen den einzelnen Regionen verschieben sich kranialwärts. Es steht nun zu erwarten, dass durch die Verringerung der Thoracalwirbelsäule um ein bezw. zwei Segmente zugleich eine Veränderung in der Zusammensetzung des Brustkorbes auftritt. Die folgende Untersuchung soll darlegen, ob und inwieweit dieser Umformungsprozess auf die Wandung des Brustkorbes übergreift und in welchen Merkmalen sich der Vorgang äussert. Indem wir als Ausgangspunkt die Umformung der Wirbelsäule, der dorsalen Wandung, annehmen, setzen wir uns in Gegensatz zu Wiedersheim (1908, 54), der die Rückbildungsprozesse im Bereiche des Thorax vom Brustbein ausgehen lässt. Wir werden aber an Hand unseres Materials nachzuweisen versuchen, dass die Umformung des unteren Thoraxrandes mit von hinten nach vorn abnehmender Intensität vor sich geht, dass in den ventralen Abschnitten, besonders rechterseits, sich Widerstände geltend machen, und dass das Sternum selbst in seinen äussern Erscheinungen dem Vorgang gegenüber sich durchaus passiv verhält.

Nicht nur in bezug auf das Sternum, die vordere Thoraxwand, auch in seiner äussern Form überhaupt finden wir den Brustkorb indifferent phylogenetisch verschiedenen Stufen gegenüber, so dass wir auf Grund unzweideutiger Beweise anzunehmen gezwungen werden, dass die phylogenetische Entwicklung, auf einem gewissen Punkte angelangt, sich in modifizierter Richtung bewegt. Morphologisch bedeutsame Tatsachen sind Zeugen jenes ursprünglichen Prozesses, der neben einer kranialwärts sich vollziehenden Umformung der Wirbelsäule vorzugsweise in einer Verkürzung des Thorax sich charakterisiert. Für diesen Teil der Umformung, bei den primitiven

Typen menschlicher Formen ist er wohl schon abgeklungen, sprechen z. B. die Variabilität der Umschlagslinien der Pleuragrenzen, abgesprengte Ursprungszacken des Zwerchfells. Auf das letztere Merkmal werden wir einzutreten imstande sein, im übrigen uns auf diejenigen Erscheinungen beschränken, welche für den Umformungsprozess innerhalb des Genus Homo charakteristisch sind. Sie sind rein morphologischer Natur, empfangen ihre volle Bewertung aber nur, wenn sie auf die an Halbaffen und Affen sich abspielenden Vorgänge bezogen werden (Ruge 1892). Sie finden sich naturgemäss in erster Linie an allen in Betracht fallenden Skeletteilen und greifen von da über auf das Muskelsystem.

Der Rippenbogen, der zusammen mit der letzten Rippe den Thorax nach unten begrenzt, muss infolge der Verkürzung der Rippen eine Veränderung in seiner Zusammensetzung durchmachen, die dem Grad der stattgehabten Rückbildung entspricht. Da die Rippen, welche den Rippenbogen bilden helfen, einer Reihe von Muskeln Anheftung gewähren, wird sich der Umformungsprozess des Brustkorbes auch in Veränderungen äussern, welche das Muskelsystem ergriffen haben. In erster Linie interessiert uns dabei der M. obliquus abdominis internus, in dessen Gebiet die sich rückbildenden Rippen gelagert sind, und der nicht selten unzweideutige Spuren von solchen enthält. Ferner treten mit dem ganzen Prozess in Wechselbeziehung der M. latissimus dorsi, dem die letzten Rippen Ursprung bieten, und der M. rectus abdominis, der auf der vorderen Brustwand, vom M. pectoralis major verdrängt, noch die letzten Sternalrippen als Ursprungsfeld sich zu sichern sucht.

Das ganze in Betracht fallende Gebiet scheint sich in einem gleichsam flüssigen Stadium zu befinden; zwischen dem Ausgangspunkt, der in unmittelbarer Angliederung an niedere Formen zu suchen ist, und dem Endpunkt einer schon bestehenden, eventuell aber einer erst in der Zukunft sich einstellenden progressiven Ausbildungsphase liegen die unendlich vielen Zustände, deren am häufigsten wiederkehrende Formen wir als „Normalzustand" bezeichnen. Von diesem werden wir bei unserer Untersuchung ausgehen und die primitiven einerseits, die progressiven anderseits so viel als möglich in lückenlose Reihe zu bringen versuchen.

Als Untersuchungsmaterial dienten sechzig Leichen (35 ♂ und 25 ♀) aus dem Zürcher Präpariersaal, also alles frische Objekte. Von diesen Leichen stammen 56 aus dem Kanton Zürich, sie sind Repräsentanten alt eingesessener Zürcher Landbevölkerung, vier Leichen sind ausländischer Herkunft (drei Italiener, eine unbekannt).

Man kann das Material im ganzen ein einheitliches nennen, es stellt den Typus der Zürcher Bevölkerung dar. Bei einem grossen Teil der untersuchten Merkmale wurden die beiden Seiten einzeln der Statistik unterworfen, so dass wir dadurch mit einer Anzahl von 120 Fällen rechnen dürfen; nur wo es sich um den Vergleich zwischen rechts und links handelt, erfahren die beiden Seiten eine getrennte Behandlung. Für eine Reihe von Merkmalen war es möglich, weitere Objekte zur Untersuchung heranzuziehen, so dass diese zum Teil auf Grund eines grössern Materials aufgebaut werden konnte; die betreffenden Fälle finden jeweilen Erwähnung. Wenn nichts weiter bemerkt ist, liegen der Untersuchung die dem Präpariersaalmaterial wahllos entnommenen sechzig Leichen (120 Seiten) zugrunde.

Totale Rippenzahl.

Es fanden sich

13 Rippen:	4 mal,	d. i. in	3,5 %	der	Fälle
12 „	113 mal,	„ „	94 %	„	„
11 „	3 mal,	„ „	2,5 %	„	„

Den (nach Adolphi 1905, 47) seltenen Zustand mit elf Rippen und normaler oberer Thoraxgrenze besass ein 66jähriger Mann und zwar auf der linken Seite, rechtsseitig war eine auf drei Zentimeter reduzierte zwölfte Rippe vorhanden. Ferner wies ein weibliches Individuum von 37 Jahren beidseitig elf Rippen auf; an dieser Leiche war zudem rechts und links eine reduzierte Halsrippe vorhanden. Sie bestand rechts aus einem grösseren, links aus einem kleineren dorsalen Stück, das mit dem siebenten Cervicalwirbel artikulierte, und je einer kurzen ventralen, am Manubrium sterni befestigten Knochenspange; die beiden Rippenrudimente waren jederseits durch ligamentöse Bindegewebszüge miteinander verbunden. Beidseitig dreizehn Rippen zeigten zwei männliche Individuen von 58 und 65 Jahren, bei Frauen fand sich dieser Zustand nie. Mit diesen extremen Zuständen paaren sich bei den betreffenden Individuen (sie entstammen merkwürdigerweise alle derselben Talschaft unseres Kantons) andere Merkmale, die im einen Fall progressiv, im andern regressiv gedeutet werden müssen; wir werden des öfteren darauf zurückkommen.

Tab. 1 gibt eine Zusammenstellung von Untersuchungen verschiedener Autoren über die Gesamtrippenzahl. Wenn auch die Zahl der untersuchten Zürcher Objekte verhältnismässig gering ist, so sind allem Anschein nach doch Rassendifferenzen nicht ausgeschlossen.

Tabelle 1.

Anzahl der Rippen bei verschiedenen Rassen und beiden Geschlechtern:

Häufigkeit ihres Vorkommens in % ausgedrückt.

Autor	Material	13 Rippen			12 Rippen			11 Rippen			Anzahl d. untersuchten Seiten
		total	♂	♀	total	♂	♀	total	♂	♀	
Bardeen 1900	44 Neger 15 Weisse	3	—	—	92	—	—	5	—	—	118
Bardeen 1904	Neger	3,7	—	—	89,3	—	—	7	—	—	108
Kubo (n. Hasebe 1912)	Japaner	3	—	—	96	—	—	1	—	—	200
Hasebe 1912	Japaner	6,1	—	—	92,8	—	—	1,1	—	—	362
Adolphi 1905	Russen	8,4	10,4	5,7	91,6	89,6	94,3	—	—	—	166
Bardeen 1904	Weisse	6,3	—	—	93,7	—	—	—	—	—	32
Fischel 1906, 477	Tschechen	6,6	7,1	5,9	92,9	—	—	0,5	0,3	0,9	1048
Rabl (n. Wiedersheim)	Tschechen	6,2	—	—	93,5	—	—	0,3	—	—	1280
Wiedersheim 1908	?	4,3	—	—	91,4	—	—	4,3	—	—	140
Frey	Zürcher	3,5	6	0	94	92,5	95	2,5	1,5	5	130

Unser Zürcher Material besitzt einen ansehnlichen Prozentsatz mit nur elf und relativ wenig primitive Fälle mit dreizehn Rippen. Die Russen (Adolphi), die Tschechen (Fischel und Rabl) weisen mehr atavistische Fälle mit dreizehn Rippen, dagegen weniger oder keine progressiven Zustände mit nur elf Rippen auf. Die Angaben von Wiedersheim und Bardeen möchte ich nur bedingt vergleichen: das hier zugrunde liegende Material besteht aus Skeletten; der relativ grosse Prozentsatz mit elf, der kleine mit dreizehn Rippen lässt die Vermutung nicht ganz unterdrücken, ob beim Mazerationsprozess nicht reduzierte zwölfte bezw. dreizehnte Rippen verloren gegangen seien. Es läge dies durchaus im Bereiche der Möglichkeit, wenn man bedenkt, wie solch kleine Knochenspangen von oft nur zwei Zentimeter Länge übersehen werden können. Rosenberg 1899 und Fischel 1906 machten auch schon auf diese Möglichkeit aufmerksam, und wir dürfen die Forderung erneut aufstellen, dass zur einwandfreien Statistik nur frisches Material verwendet werden sollte. Disse (1896, 68) gibt an, dass in dreissig Prozent die zwölfte Rippe verloren gehe, der neunzehnte Wirbel also Lendenwirbel geworden sei. Ob hier nicht ein ähnlicher Beobachtungsfehler zugrunde liegt, ist nicht festzustellen; interessant wäre zu erfahren, welcher Rasse Disse diese Beobachtung entnommen hat.

Unterschiede bei beiden Geschlechtern in der Anzahl von Rippen ergeben sich aus den Untersuchungen von Adolphi und Fischel; die

beiden Autoren fanden dreizehn Rippen in 5,7 bezw. 5,9 % bei Frauen, dagegen bei Männern in 10,4 bezw. 7,1 %. Fischel weist besonders darauf hin, dass bei den Männern eine Vermehrung der Rippenzahl sich häufiger findet als bei Frauen, bei denen umgekehrt eine Verminderung der Wirbel ohne Rippen häufiger vorkommt. Rabl soll nach Fischel zu ähnlichen Resultaten gekommen sein. Die relativ geringe Zahl der von mir untersuchten Objekte, besonders weiblicher, gestattet nicht, für die Zürcher entscheidende Angaben zu machen; doch scheint auch bei diesen eine Vermehrung der Rippenzahl unter den Männern bedeutend häufiger zu sein als bei Frauen. Das seltene Vorkommen von elf Rippen mag den Prozentsatz bei den Frauen etwas unnatürlich erhöht haben.

Eine Verringerung der Rippenzahl überhaupt tritt nach allen Autoren seltener auf als deren Vermehrung.

Bei all den untersuchten Objekten gehörten die Rippen dem ersten bis zwölften Brustwirbel an, bezw. dem ersten bis elften bei elf, dem ersten bis dreizehnten bei dreizehn Rippen. Reduktionserscheinungen an der ersten Rippe kamen bei den 130 Fällen nicht vor. Einmal, in dem oben erwähnten Fall, fand sich beidseitig die Anlage je einer Halsrippe. Da hier zudem nur elf Brustrippen vorliegen, scheint sich die Verschiebung des Thorax um ein vollständiges Segment kranialwärts vollzogen zu haben.

Adolphi (1905, S. 57 und 72) hat 92 Beobachtungen zusammengestellt, bei denen die obere Thoraxgrenze von der Norm abwich, einmal Fälle, wo der siebente Wirbel ein- oder beidseitig rippentragend war, anderseits Fälle, bei denen eine oder beide Rippen des achten Wirbels rudimentär waren. Mit den ersteren fand er Thoraxformen kombiniert mit normaler oder verminderter Rippenzahl, bei reduzierter Rippe des achten Wirbels war die totale Rippenzahl normal oder in der Mehrzahl der Fälle vermehrt. Adolphi hat daraus die Tatsache abgeleitet, in einer späteren Untersuchung (1912) hat er seine Hypothese zu befestigen gesucht, dass „ein deutliches Abhängigkeitsverhältnis bestehe zwischen den Variationen der obern und der untern Thoraxgrenze, und zwar in dem Sinne, dass diese Grenzen die Tendenz haben, von einer gewissen mittleren Lage in gleicher Richtung abzuweichen, d. h. entweder beide proximalwärts oder beide distalwärts". Nicht dass Adolphi in seinen Folgerungen so weit ginge wie Tschugonow (nach Adolphi S. 81 und Fig. 2), der als Ausgangspunkt für die menschliche Wirbelsäule acht Cervical-, zwölf Thoracal-, fünf Lumbal- und fünf Sacral-Wirbel annimmt. Adolphi sieht in den individuellen Variationen der obern

Thoraxgrenze vielmehr Oscillationen um eine seit ungeheuren Zeiträumen konstante Mittellage. Die Rosenberg'sche Umformungstheorie stellt dagegen die Hypothese auf, dass untere und obere Thoraxgrenze sich im Laufe der Phylogenie und Ontogenie verschieben, die untere kranialwärts, die obere kaudalwärts, so dass in einer fernen Zukunft nicht nur die jetzige zwölfte Rippe vollständig geschwunden sei, sondern auch der achte Wirbel keine oder nur noch eine rudimentäre Rippe tragen wird. Nach Rosenberg (1899, 96) stehen aber die beiden Umformungsprozesse nicht in einem festen, notwendigen Abhängigkeitsverhältnis, denn „es zeigen sich sehr verschiedene Kombinationen der Ausbildungsstufen, auf welchen die von den beiden Umformungsprozessen beeinflussten Abschnitte der Wirbelsäule stehen".

Während Adolphi und Rosenberg die Verschiebungen der Thoraxgrenzen direkt von der phylogenetischen Entwicklung abhängig machen, verhält sich Fischel 1906 solchen Erklärungen gegenüber ganz ablehnend. Er führt die Variationen der Wirbelsäule (und mit diesen solche des Thorax) auf Variationen der embryonalen Segmentierung zurück und sieht (S. 578) im Auftreten derselben den „Ausdruck einer allgemeinen, an allen Organen sich kenntlich machenden Eigenschaft des Organismus — seiner Variationsfähigkeit". Dass damit keine Erklärung gegeben ist, sieht Fischel wohl selbst ein, denn er fügt noch bei, dass diese Variabilität, „bis zu einem gewissen Grade von der phyletischen Entwicklung beeinflusst, doch nicht von ihr verursacht oder beherrscht werde". In den Fällen von Rückbildung der ersten (und eventuell der zweiten) Rippe sieht er Defektbildungen, die auf pathologische Ursachen zurückzuführen seien (S. 580), und in dem Umstand, dass solche einseitig auftreten können, will er einen Grund gegen die Rosenberg'sche Hypothese ins Feld führen (S. 558), als ob Progressiverscheinungen und atavistische Merkmale je beidseitig aufzutreten hätten, um für die Richtigkeit ihrer Abstammung beweiskräftig zu sein.

Unsern Einzelfall mit den beidseitigen Halsrippen schliessen wir von der weitern Untersuchung aus; denn die Frage der Korrelation zwischen oberer und unterer Thoraxgrenze scheint nach dem Gesagten zu wenig abgeklärt zu sein, so dass wir jenem nicht mit Sicherheit den bestimmten Platz im grossen Werdegang zuweisen könnten. Dass die obere Thoraxgrenze absolut konstant sei, wie Disse (1896, 68) es behauptet, dürfen wir entschieden ablehnen, doch berechtigen unsere Untersuchungen zu keinen weitern Schlüssen in dieser Frage. Für uns handelt es sich hier hauptsächlich um die

Ergründung einer Reihe von Merkmalen, welche als Äusserungen des Umformungsprozesses sich am distalen Thoraxende abspielen und systematisch verfolgt werden sollen. Zu diesen gehört in erster Linie die verschieden starke Beteiligung von Rippen an der Sternalverbindung.

Die Zahl sternaler Rippen,

d. h. derjenigen Rippen, welche in direkter Verbindung mit dem Sternum stehen, ist folgende:

8 stern. Rippen: 16 mal, d. i. in 12,5 %; 7 mal beidseit., 2 mal r.
7 „ „ 112 „ „ „ 86 %; 55 mal beidseit., 2 mal l.
6 „ „ 2 „ „ „ 1,5 %; 1 mal beidseitig.

Der seltene Fall von beidseitig sechs sternalen Rippen fand sich bei dem Objekte, das linksseitig nur elf Rippen aufwies; die dreizehn Rippen waren jederseits kombiniert mit acht sternalen Rippen. Eine 79jährige Frau hatte rechts sieben sternale Rippen, links zeigte sich die siebente Rippe bis auf einen Zentimeter vom Sternum entfernt; da sie aber durch starke Bandmassen an demselben festgehalten wurde, musste der Zustand unter „sieben sternale Rippen" eingereiht werden. Der Fall ist deshalb bemerkenswert, weil sich hier wieder der Reduktionsprozess auf der linken Seite geltend macht, während rechts am alten Zustand festgehalten wird. Die Befunde bei einem 86jährigen Mann und einer 82jährigen Frau, bei welchen rechts acht und links sieben Rippen mit dem Sternum in Verbindung treten, bestätigen das Vorhandensein dieser Tendenz. Wenn vorhin auf eine Verschiedenheit in der Gesamtrippenzahl bei beiden Geschlechtern hingedeutet wurde, so darf sie für das Merkmal der Sternalrippen als sicher angenommen werden (s. Tab. 2). Der ursprüngliche Zu-

Tabelle 2.

Anzahl der sternalen Rippen.

Autor	Material	Sternalrippen-Zahl		
		8	7	6
Tredgold (n. Martin)	Neger	60 %	—	—
v. Bardeleben 1898	?	10—15 % oder mehr	—	—
Martin 1914	?	10 %	in der Regel	1,8—2 %
Frey	Zürcher	12,5 % ♂ 15 % ♀ 8,5 %	86 % ♂ 82 % ♀ 91,5 %	1,5 % ♂ 3 % ♀ —
Adolphi 1905	Russen	7,2 %	92 %	0,6 %
Fawcett 1898	?	8 %	—	—

stand von acht sternalen Rippen ist viel häufiger (in 15%) bei Männern anzutreffen als bei Frauen (8,5%), sieben sternale Rippen treten dagegen bei Männern seltener (in 82%) auf als bei Frauen (91,5%); wenn jedoch der seltene Zustand von sechs Sternalrippen nur bei Männern vorkam, so braucht diese Tatsache nicht gegen die Regel zu sprechen; das uns zur Verfügung stehende kleine Material mag dafür verantwortlich gemacht werden dürfen.

Das Bestehen einer Korrelation zwischen totaler Rippenzahl und Anzahl sternaler Rippen wird durch Tabelle 3 beleuchtet; in dieser Statistik sind noch andere Individuen (Zürcher) aufgenommen worden, um die Anzahl der Fälle mit sechs bezw. acht sternalen Rippen zu vermehren. Bei sieben sternalen Rippen ist durchweg mit dem Bestand von zwölf Rippen zu rechnen, während sechs sternale Rippen in einem Viertel der Fälle noch eine zwölfte Rippe, wenn auch eine reduzierte, aufweisen. Bei acht sternalen Rippen ist nur in einem Drittel der Fälle eine dreizehnte Rippe vorhanden, ein Beweis, dass sich an der ventralen Thoraxwand der Reduktionsprozess nur langsam vollzieht, während die dreizehnte Rippe schon grösstenteils dem Untergang anheimgefallen ist.

Tabelle 3.

Correlation zwischen Zahl sternaler Rippen und Gesamt-Rippenzahl.

	totale Rippenzahl		
	13	12	11
8 sternale Rippen	36%	64%	—
7 sternale Rippen	—	100%	—
6 sternale Rippen	—	25%	75%

Tab. 2 stellt zudem einen Vergleich an über die Zahl der zum Sternum gelangenden Rippen nach verschiedenen Autoren. Leider findet man in der Literatur auffallend wenig genaue Angaben über dieses Merkmal, das vermutlich anthropologisch bedeutsam ist. Selten ist das Vorkommen von sechs, bedeutend häufiger dasjenige von acht sternalen Rippen. Dass acht sternale Rippen als Regel durchaus nicht in der ältesten Vergangenheit liegen, mag die Angabe Martins (1914, 971 nach Tredgold) andeuten, wonach bei Negern in sechzig Prozent acht Rippen mit dem Sternum verbunden sind. Bardeleben (1885, 106) erwähnt ein Objekt, bei dem rechts neun, links acht sternale Rippen vor-

kommen. Dies führt auf die oben erwähnte Tatsache zurück, dass rechterseits das konservativere, linkerseits ein eher progressives Verhalten besteht, wenn nicht beiderseits gleiche Zustände herrschen, was im Ganzen die Regel ist. Bestärkt wird jene Annahme noch durch die Angaben von Wiedersheim (1908, 55). Er findet

sechs sternale Rippen in 1,8% der Fälle;

davon kommen solche vor:

beidseitig in 0,2%
nur rechts in 0,1%
nur links in 1,5%

acht sternale Rippen:

am häufigsten: nur rechts,
halb so häufig: beidseitig,
selten: nur links.

Auch Martin (14,571) schreibt über das gelegentliche Vorkommen von acht Sternalrippen, die meist nur rechtsseitig vorhanden sind. Wir sehen deutlich rechts ein Verharren im Bestehenden, links die Tendenz zur Weiterentwicklung im Umformungsprozess. Ein Fall von Adolphi 1915 mag hier noch Erwähnung finden: die Leiche einer Finnländerin zeigte rechts sieben, links sechs Sternalrippen; er ist bemerkenswert: erstens durch das beidseitig ungleiche Verhalten, und zweitens dadurch, dass dieser progressive Zustand einer weiblichen Leiche angehörte.

Fälschlicherweise wird eine Vermehrung auf acht sternale Rippen durch Rippenspaltung als möglich angesehen (Rauber 1914, Popowsky 1899). Rippenteilungen der distalen Enden der knöchernen Rippen erstrecken sich zuweilen bis zum Sternum, sodass sich der Rippenknorpel in zweigeteilten Stücken an ihm anheftet. Dass aber solche doppelte Sternalverbindung einer Rippe, die also nur einem einzelnen Wirbel oder einem Segment entspricht, nicht gleichwertig ist jenem Zustand acht sternaler Rippen, bei dem distalwärts folgende Rippen ihre Verbindung mit dem Sternum bewahrt haben, ist einleuchtend. Es hiesse die genetischen Tatsachen verkennen, wollte man solch wesensverschiedene Einrichtungen, nur weil in beiden Fällen die Zahl der Anheftungen am Sternum acht beträgt, als gleichwertig ansehen. Acht wirklich sternale Rippen sind ein primitiver Zustand, Rippenspaltungen mögen eine regressive Erscheinung sein, es müsste aber auf andere Weise begründet werden können, wie z. B. Valenti 1913 (nach Bardeleben 1916) die früheste Anlage der Rippen dafür verantwortlich macht, indem er jeder derselben einen doppelten Ursprung zuschreibt.

Articulationes interchondrales.

Eine wenig beachtete Einrichtung an der Vorderwand des Brustkorbes sind die Articulationes interchondrales (Fick 1904, 136), sie sind ein Neuerwerb des menschlichen Thorax, treten aber jederseits in der Einzahl auch bei Schimpanse und Gorilla schon auf, ferner unter den Halbaffen beidseitig zwischen achter und neunter Rippe bei Chiromys (Ruge 1892, 222). Sie werden in der Literatur als Reduktionserscheinungen (Bardeleben 1885 und 1898) angesehen; Fawcett (1898, 30) wirft die Frage auf, ob sie für den Ursprung des M. pectoralis major von Bedeutung seien; eine befriedigende Erklärung steht noch aus. Die folgende Untersuchung soll ermitteln, ob eine Beziehung zwischen ihnen und der Thoraxumformung vorhanden sei. Es wurden an unserm Material sämtliche Interchondralverbindungen aufgenommen unter Angabe der Segmenthöhe, in der sie vorkommen; ob diese Verbindungen Diarthrosen darstellen oder einfache Syndesmosen, wurde dabei nicht berücksichtigt, auch nicht, ob eine Fortsatzbildung nur von einer oder von beiden sich gegenüberliegenden Rippen ausgeht. Nach Tab. 4 ist deren Vorkommen zwischen sechster und siebenter,

Tabelle 4.

Häufigkeit der Articulationes interchondrales bei den einzelnen Rippen in %.

Segmenthöhe	Tschaussow 1892	Frey			Bardeleben 1898			Fawcett 1898		
	total	total	rechts	links	total	rechts	links	total	rechts	links
4./5. Rippe	—	2	2	2	—	—	—	—	—	—
5./6. Rippe	50	44	51	37	50	60	40	61	72	50
6./7. Rippe	94	97	96	98	sozusagen immer vorhanden			—	—	—
7./8. Rippe	89	93	88	98	—	—	—	—	—	—
8./9. Rippe	25	23	19	27	—	—	—	—	—	—
9./10. Rippe	—	1	—	2	—	—	—	—	—	—

sowie siebenter und achter Rippe fast Regel, kranial- und kaudalwärts nimmt deren Häufigkeit ab. Bemerkenswert ist der Unterschied in ihrem Auftreten auf beiden Seiten: rechts ein Überwiegen bei den kranialen Segmenten, links eine Zunahme kaudalwärts, somit im Ganzen eine Verschiebung von rechts oben nach links unten. Dabei ist die Anzahl der Verbindungen auf beiden Seiten nicht bemerkenswert verschieden. Eine Articulatio kommt in vier Prozent vor, zwei finden sich in 41 Prozent, drei in 47 Prozent und vier in acht Pro-

zent; das arithmetische Mittel für eine Seite beträgt 2,5 Artikulationen (für rechts 2,6, für links 2,4). Wenn wir auch in der Wirklichkeit nicht mit einem Bruchteil von Artikulationen rechnen, so hat dieser Mittelwert doch seine Bedeutung. Vergleichen wir nämlich die Anzahl der Articulationes interchondrales bei Objekten mit verschiedener Zahl von Sternalrippen, so findet man

bei 8 sternalen Rippen durchschnittl. 3 Articul. (Mittel v. 9 Fällen)
„ 7 „ „ „ 2,3 „ („ „ 89 „)
„ 6 „ „ „ 1,5 „ („ „ 2 „)

(s. auch schemat. Fig. 13).

Eine ähnliche Korrelation besteht zwischen Anzahl der Knorpelverbindungen und Loslösung der Rippen aus dem engern Verbande des Rippenbogens: ist die neunte Rippe fluktuierend, so ist die Häufigkeit des Auftretens um ein Weniges geringer, als wenn erst die zehnte bezw. elfte Rippe frei werden.

Eine Abhängigkeit zwischen der Länge des Sternums und dem Auftreten dieser Zwischenknorpelverbindungen fehlte vollständig; es zeigte sich ferner kein Unterschied in der Häufigkeit ihres Auftretens bei beiden Geschlechtern oder bei verschiedenem Alter.

Auf die Verschiedenheit in Ausbildung und Vorkommen der Verbindung zwischen fünfter und sechster Rippe auf beiden Seiten wies Fawcett (1898, 30) hin: unter fünfzig Individuen fand er sie rechts in 72%, links in 50%; rechts war sie zudem häufiger als Diarthrose vorhanden, während links der niedrigere Typus einer Verbindung, eine „Fibroses", vermehrt vorkam. Auch Bardeleben (1885, 106 und 1898, 33) fand rechts zwischen fünfter und sechster Rippe häufiger eine Interchondralverbindung als links; Tab. 4.

An Brustwänden mit acht sternalen Rippen fanden weder Fawcett (1898) noch Bardeleben (1898) ein Gelenk zwischen fünfter und sechster Rippe; Bardeleben sieht in dieser Verbindung der aufeinander folgenden Rippenknorpel einen Ersatz für den Verlust einer direkten Sternalverbindung der achten bezw. siebenten Rippe. Unter den neun Fällen mit acht Sternalrippen fand sich bei den Zürchern in 36% eine Gelenkverbindung zwischen fünfter und sechster Rippe; die folgenden Rippen (sechste bis neunte) waren zudem häufiger miteinander verbunden als die entsprechenden bei sechs oder sieben Sternalrippen nach Tab. 5 (und Fig. 13).

Adolphi 1915 beschreibt zwei differente Thoraxformen bei Finnen: der progressive Befund (es waren dort u. a. rechts sieben, links sechs sternale Rippen) weist Articulationes interchondrales auf rechts an der vierten bis sechsten, links an der fünften bis siebenten Rippe;

Tabelle 5.

Vorkommen von Articulationes interchondrales bei den einzelnen Rippen und bei verschiedener Zahl von Sternalrippen.

Segmenthöhe	Anzahl der Sternalrippen		
	8	7	6
4./5. Rippe	—	2 %	—
5./6. Rippe	36 %	45 %	50 %
6./7. Rippe	100 %	96 %	100 %
7./8. Rippe	100 %	94 %	—
8./9. Rippe	57 %	20 %	—
9./10. Rippe	—	1 %	—

die atavistische Form besass solche dagegen rechts zwischen sechster und siebenter und siebenter und achter Rippe, links zwischen siebenter und achter und achter und neunter Rippe. Wir finden hierin eine Bestätigung dessen, dass einmal bei progressiven Brustkörben die Zwischenknorpelverbindungen mehr kranialwärts, bei regressiven Formen eher kaudal verschoben sind, dass ferner die beiden Seiten etwas differentes Verhalten zeigen: eine Verschiebung zwischen rechts und links von kranialen zu kaudalen Segmenten.

Die kleine Zahl dieser Verbindungen bei sechs, die Vermehrung bei acht sternalen Rippen legt nun die Frage nahe, warum eine Einrichtung, die in dieser Ausbildung erst beim Menschen auftritt, hier bei den primitiven Formen häufiger zu finden ist als bei progressiven. Ohne damit ein abschliessendes Urteil geben zu wollen, das grösserer Untersuchungsreihen als Grundlage bedarf, möchte ich auf die verschiedene Lage der Rippen zueinander hinweisen, die im einen oder andern Falle vornehmlich anzutreffen ist. Bei acht sternalen Rippen werden diese näher aneinander gedrängt, dem Sternum zustreben, als wenn nur sieben bezw. sechs mit ihm in Verbindung treten, da es nach dem früher Gesagten in beiden Fällen ziemlich gleiche Länge hat. Dazu kommt, wie wir später (Seite 85) ausführen werden, dass bei vermehrter Wirbelzahl die einzelnen Wirbel niedriger sind als bei höherstehenden Formen, ein Grund mehr, dass die einzelnen Zwischenrippenräume verkleinert werden. Knorpelstücke, die aber sehr nahe nebeneinander verlaufen, werden zur Erzielung einer möglichst leichten Beweglichkeit mit Vorteil Gelenkflächen an den benachbarten Stellen ausbilden. Dass diese Gelenkflächen oft einem Knorpelfortsatz aufsitzen, scheint vom mechanischen Standpunkte aus die Siche-

rung einer geregelten Bewegung zu erhöhen. Nach dem Gesagten dürften diese Articulationes interchondrales als Einrichtungen angesprochen werden, die bei bestimmten Zuständen der Thoraxform dem Brustkorbe mehr Festigkeit zu verleihen berufen sind; sobald aber ihre Notwendigkeit weniger erforderlich ist werden sie weniger zur Ausbildung gelangen; sie sind Begleiterscheinungen in einer bestimmten Etappe des Reduktionsprozesses des Brustkorbes. Weitere Untersuchungen werden diese Ansicht aber noch bestätigen müssen.

Zusammensetzung des Rippenbogens.

Die Reduktion von acht sternalen Rippen auf sieben, auch die seltenere von sieben auf sechs, tritt nicht plötzlich und unvorbereitet auf. Die ventralen Enden sämtlicher asternaler Rippen sind der Schauplatz sich langsam vollziehender Veränderungen. Der jeweilige Befund stellt nur einen Moment dar des sich in flüssigem Zustand befindlichen Gebietes. Der Weg, den die ventralen Rippenenden in diesem Umformungsprozess zurücklegen, liegt auf dem sogenannten Rippenbogen, d. i. die Verbindungslinie der Basis des Corpus sterni mit sämtlichen vorderen Rippenenden und der Stelle, wo sich die letzte Rippe mit der Wirbelsäule verbindet. Im primitivsten Falle ist dies die dreizehnte, im progressiven Zustand die elfte Rippe, indem die zwölfte durch allmähliche Reduktion mit ihrem vorderen Ende der Wirbelsäule näher gerückt, d. h. kürzer geworden und zuletzt verschwunden ist. Die Rückbildung der asternalen Rippen an ihren ventralen Enden unterliegt bestimmten Gesetzen, sie ist keine regellose, wie man nach oberflächlicher Betrachtung vermuten könnte.

Um die verschiedenen Wegstrecken der einzelnen Segmente miteinander zu vergleichen, die Variabilität bestimmter Abschnitte festzustellen, wurden an den in Frage kommenden Punkten, so an der Basis des Corpus sterni und an sämtlichen ventralen Rippenenden, Nadeln eingesteckt und die dazwischen liegenden Bogenabschnitte vermittelst Bandmass abgelesen. Die letzte Strecke, vorderes Ende der letzten Rippe bis zu dem ihr zugehörigen Wirbelkörper, ergibt selbstverständlich die Länge der letzten Rippe. Der Wert absoluter Zahlen ist für Untersuchungen meistens ein sehr bedingter. Deshalb rechnen wir die ganze Bogenlinie, d. i. die Entfernung zwischen Basis des Corpus sterni zur Wirbelsäule gleich 100 und drücken die einzelnen Abschnitte in Prozenten zum Ganzen aus.

Vorerst bleibe unberücksichtigt, ob die einzelnen Rippen mit ihren kranialwärts liegenden Nachbarn noch verbunden sind, oder ob

sie frei in der Bauchwand endigen als Costae fluctuantes. Die Lage des vorderen Endes jeder Rippe auf dem Rippenbogen soll einstweilen nur festgestellt werden; dass durch die dorsalwärts erfolgende Verschiebung der einzelnen Rippenansatzpunkte die Zahl dieser „freien" Rippen zunimmt, werden wir später zu verfolgen Gelegenheit haben.

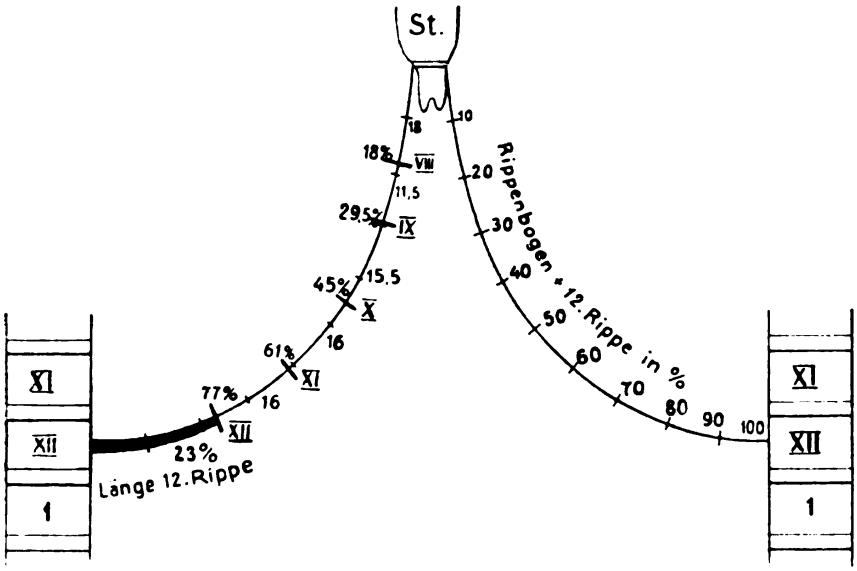


Fig. 1. Schema zur Darstellung der Verteilung der Rippenansatzpunkte (bezw. der ventralen Rippenenden) auf dem Rippenbogen.

links: Entfernung von Basis des Corpus sterni bis Wirbelsäule in natürlicher Bogenlinie inklus. Länge zwölfter Rippe = 100 %.

rechts: Durchschnittliche Verteilung der ventralen Enden der VII. — XII. Rippe beim Zustand von 7 Sternalrippen.

Fig. 1 zeigt uns schematisch die durch die Rippenbogen und die zwölfte Rippe gebildete untere Thoraxgrenze. Links ist die ganze Strecke (Basis des Corpus sterni — zwölfter Thoracalwirbel) in 100 Teile geteilt, rechts ist auf dieser Bogenlinie die durchschnittliche Lage der ventralen Enden der Rippen acht bis zwölf, sowie die Länge der zwölften Rippe eingetragen. Die Zahlen stellen die mittleren Werte aus 78 Seiten mit je sieben sternalen Rippen dar. Die einzelnen Rippenenden liegen in ziemlich regelmässigen Abständen auseinander. Über die Variabilität der verschiedenen Punkte orientiert Tab. 6. Die grösste Entfernung zwischen zwei Punkten findet sich zwischen der Anheftung der siebenten Rippe (am Sternum) und derjenigen der achten Rippe (an der vorigen), die geringste zwischen achter und neunter Rippe. Wichtiger als diese Tatsache ist der Umstand,

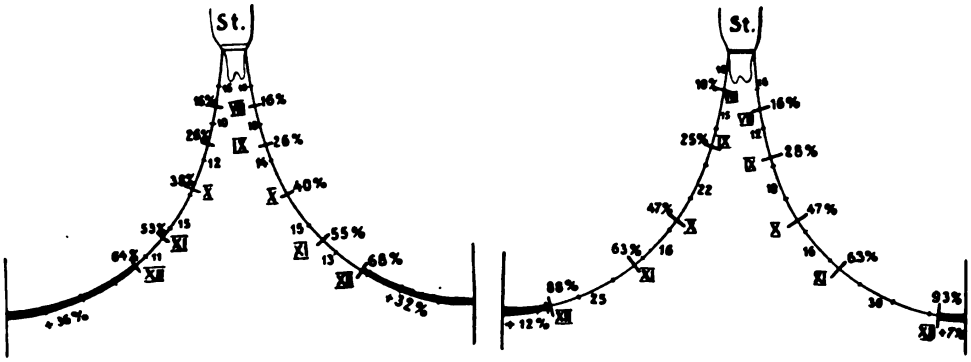
Tabelle 6.

Verteilung der vorderen Rippenendpunkte auf dem Rippenbogen bei 7 sternalen Rippen.

	Entfernung von der Basis des Corpus sterni in %			Variationsbreite
	mittlere	min.	max.	
8. Rippe	18	10	28	18 %
9. Rippe	29,5	20	38	18 %
10. Rippe	45	32	55	23 %
11. Rippe	61	51	70	19 %
12. Rippe	77	64	93	29 %
Länge 12. Rippe	23	7	36	

dass die beiden Rippen (achte und neunte) die geringste Variabilität in ihrem Ansatz aufweisen; sie beträgt 18 % bei einer sehr geringen „durchschnittlichen Abweichung". Das will heissen, die Mehrzahl der Fälle bewegt sich in der Nähe des berechneten Mittelwertes und nur bei wenigen Objekten ist die Abweichung eine grössere. Auf eine Darstellung der „durchschnittlichen Abweichung" (s. Martin 1914, 71) verzichte ich, um die Sache nicht unnötig zu komplizieren). Dass diese beiden Rippen ein konstanteres Verhalten zeigen, hat seine Ursache zweifellos darin, dass sie noch durchweg (achte Rippe) oder doch in neun Zehntel der Fälle (neunte Rippe) an die kranialwärts liegenden Rippen angeheftet sind, also dem eisernen Bestand der vorderen Brustwand angehören. An diesen Verbindungen wird äusserst zähe festgehalten und sie bieten Momente, welche ein stabileres Verhalten begünstigen. Ein solches, aber auf anderer Ursache beruhend, liegt auch für die elfte Rippe vor, sie bewegt sich ebenfalls nur innerhalb kleinerer Grenzen. Die elfte Rippe hat schon vor uralter Zeit ihre unmittelbare Verbindung mit dem Rippenbogen aufgegeben, dieser Kampf ist längst abgetan, bei den Anthropoiden ist die elfte Rippe schon regelmässig fluktuierend. Anderseits ist sie noch ganz beständig, Fälle mit fehlender elfter Rippe sind nicht bekannt. Wenn die untere Thoraxgrenze als gleichsam in flüssigem Zustand stehend angesehen werden kann, so gilt dies am wenigsten für die elfte Rippe. Auch hier ist die „durchschnittliche Abweichung" eine geringe, und die Variabilität von 19 % ist auf wenige extreme Fälle zurückzuführen. Anders die zehnte und zwölfte Rippe. Diese stehen inmitten der Bewegung, welche den Reduktionsprozess am untern Thoraxende kennzeichnet. Die zehnte Rippe ist im Begriff, sich aus der engeren Verbindung mit dem Rippenbogen frei zu machen, oder sie ist schon

fluktuierend, hat aber den Kampf vor nicht langer Zeit bestanden. Organe, die sich im Zustande der Umformung befinden, variieren bekanntlich stärker. Ebenso verhält es sich mit der zwölften Rippe; sie steht auf dem Aussterbeetat. Ihre Beteiligung an der totalen Länge des unteren Rippenbogens schwankt zwischen 7 und 36 %. Wenn wir berücksichtigen, dass die Variationsbreite von 29 % nur diejenigen Fälle in sich fasst, welche sieben sternale Rippen aufweisen, dass bei allen untersuchten Fällen eine Variabilität von 42 % vorhanden ist, so mag der sehr differente Zustand der zwölften Rippe bewiesen sein.



a. b.

Fig. 2. Verteilung der ventralen Rippenenden auf dem Rippenbogen zweier Brustkörbe mit 7 sternalen Rippen, bei:
a) sehr langer, b) stark reduzierter zwölfter Rippe.
Das verschiedene Verhalten auf rechter und linker Seite ist bemerkenswert.

Fig. 2 bringt den Befund von zwei Individuen, welche die differentesten zwölften Rippen aufweisen. Bei a deutet die ausserordentlich lange zwölfte Rippe auf ein primitives Verhalten, bei b zeigt der untere Thoraxrand fortgeschrittene Rückbildungserscheinungen. Trotz dieser Unterschiede ist die Lage des vorderen Rippenendes bei achter und neunter Rippe fast überall die gleiche. Der Reduktionsprozess, bei den kaudalen Rippen beginnend, hat achte und neunte Rippe erst wenig in Mitleidenschaft gezogen, ein Ausgleich zwischen den einzelnen Teilstrecken hat noch nicht stattgefunden. Bemerkenswert ist, dass bei b die Entfernungen zwischen elfter und zwölfter sowie z. T. zwischen neunter und zehnter Rippe ausserordentlich gross sind; sie deuten auf eine erst jüngst erfolgte Rückbildung der zwölften (und eventuell zehnten) Rippe hin. Mit andern Worten, der ventrokraniale Teil der untern Thoraxgrenze zeigt wiederum sein stabileres Verhalten gegenüber dem dorso-kaudalen Abschnitt.

Fig. 2 lässt uns aber auch erkennen, dass rechts und links differente Zustände herrschen. Fast durchweg sind die vorderen Rippenenden auf der linken Thoraxseite etwas weiter nach hinten verlagert, in wenigen Fällen liegen sie an gleicher Stelle wie rechts. Die Zusammenstellung sämtlicher Befunde mit sieben sternalen Rippen nach getrennten Thoraxhälften ergibt, dass diese Art der Anordnung die Regel ist (Fig. 3): Links macht sich der Rückbildungsprozess in grösserem Masse geltend als rechts, und zwar besonders an jenen

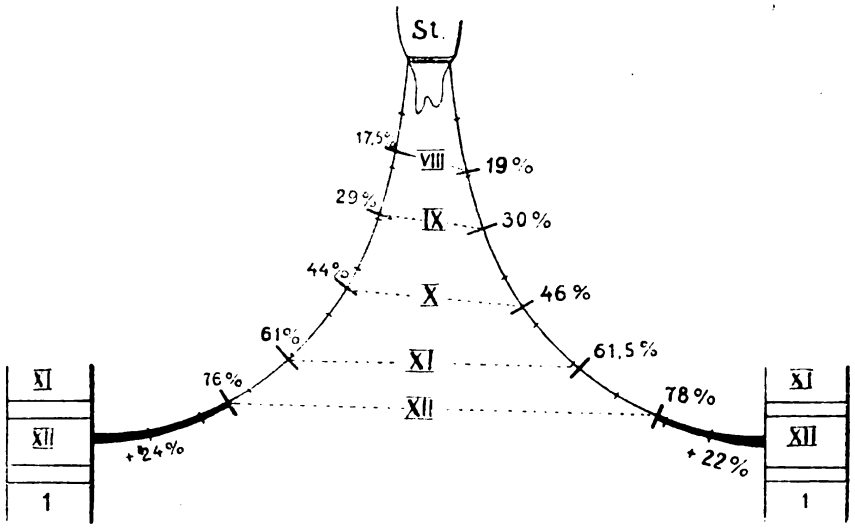


Fig. 3. Verteilung der ventralen Rippenenden auf den Rippenbogen auf rechter und linker Thoraxseite bei 7 sternalen Rippen. 10. und 12. Rippe differieren am meisten, die 11. am wenigsten, entsprechend ihrer mehr oder weniger lebhaften Anteilnahme am Umformungsprozess.

Rippen, die sich auch im übrigen durch ihre lebhaftere Anteilnahme am Umformungsprozess auszeichnen, so an der zehnten und zwölften. Hier beträgt die durchschnittliche Differenz 2%, an der achten Rippe, die sich vom Sterum loszulösen anschickt, ist noch ein Unterschied von $1^1/_2$% vorhanden, während bei der durch ihr stabiles Verhalten sich auszeichnenden elften Rippe beidseitig durchschnittlich gleichartige Zustände herrschen. Mit diesem ungleichen Verhalten rechts und links hängt die oben erwähnte Tatsache zusammen, dass bei der Loslösung der Rippen vom Sternum die linke oftmals der rechten vorangeht, so dass bei rechts acht sternalen Rippen links sieben vorkommen, oder dass sich mit rechts sieben links sechs sternale Rippen kombinieren können. Umgekehrtes Verhalten traf ich nie. Es mag hier erwähnt werden, dass schon sehr früh embryonal diese Ungleichheit auf rechter und linker Seite sich bemerkbar macht (Frey 1917).

Worin liegt der ursächliche Zusammenhang dieser Erscheinungen? Verschiedene Momente wirken dabei mit. In erster Linie die Tendenz aller Rippen, welche den untern Thoraxrand begrenzen helfen, zur Rückbildung. Die treibende Kraft für diesen Reduktionsprozess, ob sie bekannt ist oder nicht, greift aber, so können wir voraussetzen, beidseitig gleichmässig an. Der Widerstand, den sie findet, ist gegeben durch die an der Bauchpresse beteiligten Muskeln, welche an den Rippen ihre Anheftung behaupten; die Bauchpresse ist beidseitig gleich, also muss auch der anzutreffende Widerstand rechts und links derselbe sein. Dass die Extremitäten auf dieses Gebiet einen Einfluss ausüben, der dann eventuell ungleich sein könnte, wie Cunningham (n. Martin 1914, 971) meint, scheint ausgeschlossen. Ferner: Die Reduktion schreitet in den dorso-kaudalen Abschnitten rascher vorwärts als in den ventro-kranialen. Ob die rückbildende Kraft dabei ungleich einsetzt, können wir nicht wissen, sicher ist jedoch, dass der Widerstand sich nach vorn und oben gegen das Sternum hin vergrössert. Hier sind die zu überwindenden Schwierigkeiten grösser infolge der Beteiligung der Rippen an der vorderen Brustwand, die trotz aller Rückbildungsprozesse das Streben nach Festigkeit nicht aufgibt. Rechts wird zudem durch die Leber ein nicht zu unterschätzender Druck auf die vordere Brustwand ausgeübt, und es ist wohl möglich, dass durch die Adhäsion dieser Eingeweide das rechterseits konservativere Verhalten zum Teile eine Erklärung fände.

Für Individuen mit acht oder sechs sternalen Rippen muss das für den als Norm erkannten Zustand von sieben sternalen Rippen Gesagte im wesentlichen auch Geltung haben. Die Verteilung der Rippenendpunkte auf dem Rippenbogen geschieht nach denselben Regeln, naturgemäss schliessen sich Objekte mit acht sternalen Rippen dem einen primitiveren Zustand aufweisenden Thorax (Fig. 2a) an, Brustkörbe mit sechs sternalen Rippen dagegen stehen in der unmittelbaren Weiterentwicklung einer durch Fig. 2b ausgedrückten Form.

Die Verteilung der ventralen Rippenendpunkte, wie sie bei acht sternalen Rippen anzutreffen ist, zeigt Fig. 4; b stellt die mittleren Werte dar von acht Fällen mit je zwölf Rippen, a diejenigen von zwei Seiten mit je dreizehn Rippen. Bei den erstern wurde zu unsern wahllos dem Leichenmaterial entnommenen Objekten ein weiteres, ebenfalls aus dem Kanton Zürich stammend, der Untersuchung unterzogen, um den Mittelwert auf einer möglichst breiten Basis aufstellen zu können. Die ventralen Enden sämtlicher Rippen liegen weiter vorn als bei nur sieben sternalen Rippen (vergl. Fig. 1). Den extremensten Zustand stellen acht sternale Rippen, kombiniert

mit dreizehn Rippen, dar: der Rückbildungsprozess hat auf diesem primitiven Stadium noch nicht eingesetzt, die zwölfte Rippe bildet fast den halben untern Rippenbogen.

Die Variationsbreite, innerhalb deren sich die Rippenendpunkte bei acht Sternalrippen auf den Rippenbogen bewegen, wurde nur für die Fälle mit total zwölf Rippen ermittelt (Fig. 4 b), für Objekte

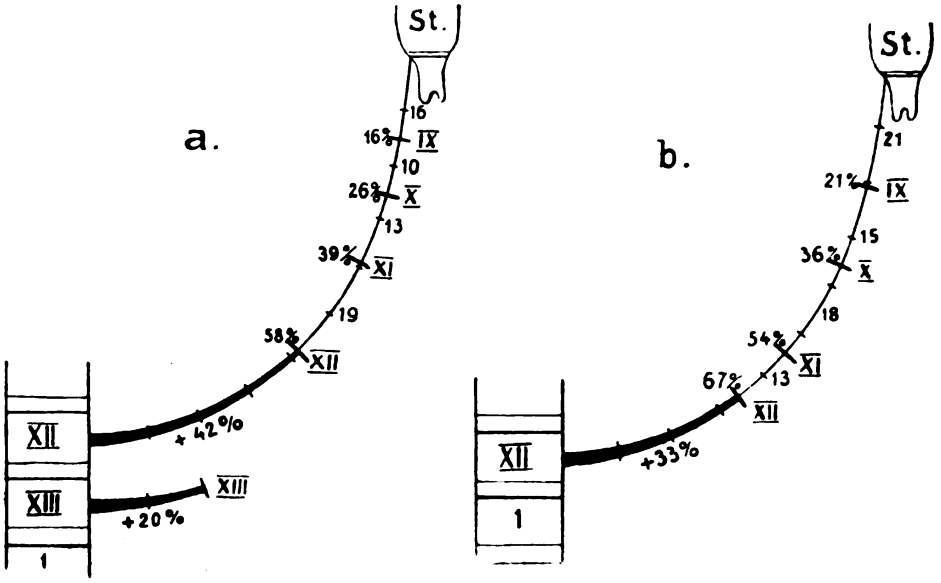


Fig. 4. Verteilung der ventralen Rippenendpunkte auf dem Rippenbogen
a) bei 8 sternalen und total 13 Rippen
b) „ 8 „ „ „ 12 „

mit dreizehn, sowie später für solche mit sechs sternalen Rippen musste wegen ihres seltenen Vorkommens auf deren Darstellung verzichtet werden. Aus Tab. 7 sehen wir die mittlere Verteilung der

Tabelle 7.

Verteilung der vorderen Rippenendpunkte auf dem Rippenbogen bei 8 sternalen und total 12 Rippen.

	Entfernung von der Basis des Corpus sterni in %			Variationsbreite
	mittlere	min.	max.	
9. Rippe	21	15	26	11 %
10. Rippe	36	31	44	13 %
11. Rippe	54	50	58	8 %
12. Rippe	67	61	71	10 %
Länge 12. Rippe	33	29	39	

vorderen Rippenenden auf dem Rippenbogen und die Variationsbreite, innerhalb deren sich die betreffenden Punkte bewegen. Sie ist bei allen Rippen eine geringe, besonders bei den kaudalwärts liegenden. Während bei sieben sternalen Rippen die zwölfte Rippe ausserordentlich variierte, der Kampf um ihr bevorstehendes Verschwinden wurde dafür verantwortlich gemacht, ist sie hier wenig different: bei dem primitiven Zustand von acht sternalen Rippen steht der Verlust der

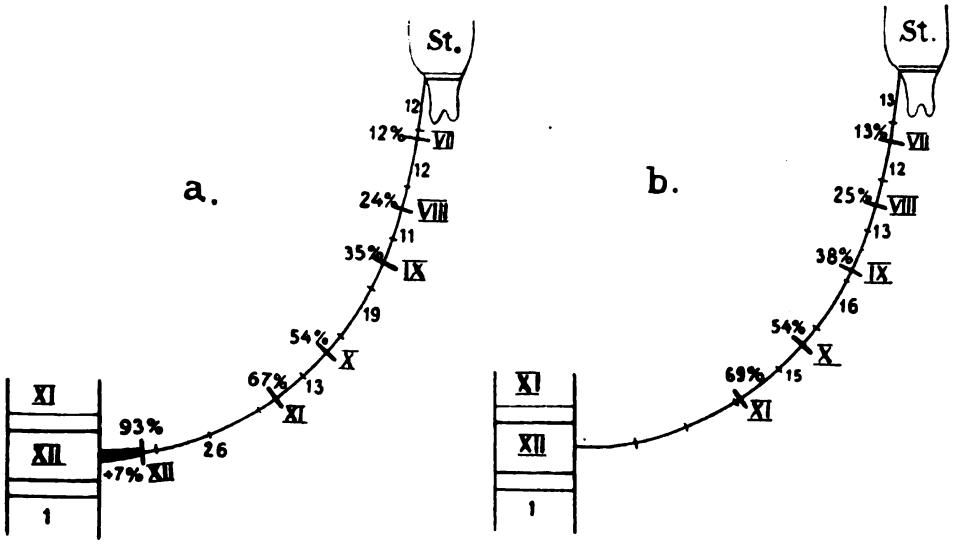


Fig. 5. Verteilung der ventralen Rippenendpunkte auf dem Rippenbogen
a) bei 6 sternalen und total 12 Rippen
b) „ 6 „ „ „ 11 „

zwölften Rippe noch in weiter Ferne. Die elfte Rippe wird vom Rückbildungsprozess bei diesem Zustande wenig beeinflusst, sie ist schon fluktuierend, daher ihre Beständigkeit. Etwas grösser ist die Variationsbreite bei der zehnten Rippe, die hier schon mit der Loslösung aus der mittelbaren Verbindung mit dem Sternum kämpft; wir sehen später, dass bei acht sternalen Rippen die zehnte Rippe vereinzelt als fluktuierend auftreten kann.

Den progressivsten Zustand in der Verteilung der ventralen Rippenenden auf dem Rippenbogen wiesen naturgemäss Objekte mit sechs sternalen Rippen auf. Bei einer Kombination von sechs sternalen und nur elf Rippen total (Fig. 5 b) ist die Reduktion der asternalen Rippen noch weiter gediehen als beim Vorhandensein von zwölf Rippen (Fig. 5 a). Gross sind die Unterschiede nicht, weil in den seltenen Fällen von sechs sternalen Rippen die zwölfte wenn nicht geschwunden, so doch weitgehend rückgebildet ist, so dass solche Stadien als un-

mittelbare Vorstufen von einem Zustand mit elf Rippen angesehen werden können, also sich stark an dessen Charakter anlehnen müssen.

Den ganzen Vorgang der Rückbildung der ventralen Rippenenden, wie er sich am menschlichen Thorax abspielt, möge Fig. 6 schematisch beleuchten. In fortlaufender Reihe a—e sind nebeneinander dargestellt einzelne Etappen des Prozesses; um den normalen Zustand von sieben Sternalrippen und total zwölf Rippen ordnen sich einerseits die Fälle mit acht sternalen Rippen, anderseits die mit sechs. Das Vorhandensein einer dreizehnten, verbunden mit acht sternalen Rippen, bildet als der primitivste Zustand den Ausgangspunkt (a) der sich heute noch abspielenden Vorgänge; das Fehlen einer zwölften Rippe, kombiniert mit nur sechs dem Sternum unmittelbar verbundenen Rippen, ist gleichsam das Zukunftsstadium (e), das im Laufe der Zeiten erreicht werden mag. Wir sehen die letzten sternalen Rippen, zuerst die achte, später auch die siebente ihre unmittelbaren Beziehungen zum Sternum aufgeben, daran anschliessend sämtliche asternalen Rippen in langsamer Rückbildung, ferner den Verlust der dreizehnten Rippe, dann auch die gänzliche Rückbildung der zwölften. Es wurde oben darauf hingewiesen, dass der untere Thoraxrand in seinem ventro-kranialen Abschnitt eine zurückhaltende Tendenz bekunde, während im vertebro-kaudalen Teil der Rückbildungsprozess rascher

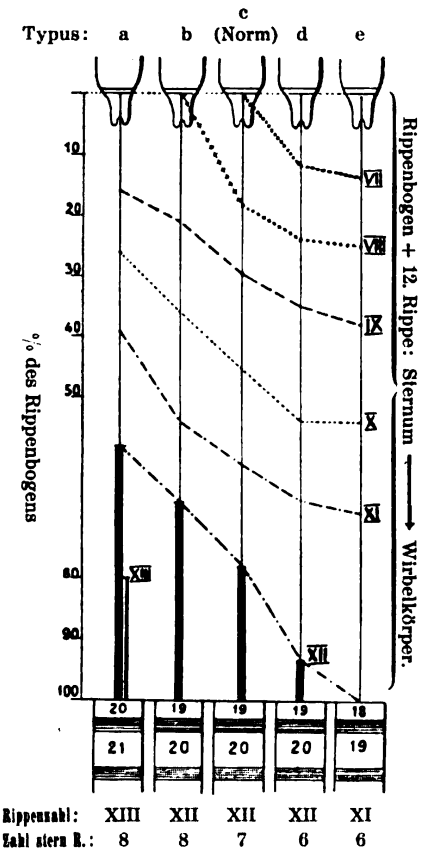


Fig. 6. Rückbildungsprozess an den ventralen Rippenenden von der primitivsten zur progressivsten Form. Schematisch. Auf den Geraden [Entfernung: Basis des Corpus sterni zum (13.) 12. (11.) Brustwirbel] sind die mittleren Entfernungen der einzelnen Wirbel eingetragen. Die verbindenden Linien veranschaulichen die Verkürzung der betr. Rippen.

a—e: die während der Rückbildung durchlaufenen Hauptetappen:

a = 8 sternale mit total 13 Rippen
b = 8 „ „ „ 12 „
c = 7 „ „ „ 12 „ (= Norm)
d = 6 „ „ „ 12 „
e = 6 „ „ „ 11 „

——— Länge der 12. Rippe;
– – – – – Länge der 13. Rippe.

vor sich gehe. Was damals für die mit c bezeichnete Gruppe im Einzelnen Geltung hatte, spiegelt sich in dem ganzen Vorgang wieder: die dem Sternum näher gelegenen Rippen verkürzen sich langsamer als die letzten Rippen. Tab. 8 drückt dies zugleich in übersichtlicher Weise

Tabelle 8.

Darstellung der Verschiebung der Rippenendpunkte auf dem Rippenbogen.

	Mittlere Entfernung des vord. Rippenendes von der Basis des Corpus sterni in %						
	7. Rippe	8. Rippe	9. Rippe	10. Rippe	11. Rippe	12. Rippe	13. Rippe
bei 8 stern. u. total 13 R.	0	0	16	26	39	58	80
bei 8 stern. u. total 12 R.	0	0	21	36	54	67	—
bei 7 stern. u. total 12 R.	0	18	29,5	45	61	77	—
bei 6 stern. u. total 12 R.	12	24	35	54	67	93	—
bei 6 stern. u. total 11 R.	13	25	38	54	69	—	—
totale Verschiebung der einzelnen Rippen auf dem Rippenbogen	13%	25%	22%	28%	30%	42%	—

aus. So beträgt z. B. der Weg, den das ventrale Ende der siebenten Rippe von der Basis des Corpus sterni (bei acht oder sieben sternalen Rippen) am untern Thoraxende zurücklegte bis zum progressivsten Zustand (sechs sternale und elf Rippen total) nur dreizehn Prozent des ganzen untern Rippenbogens, die zwölfte Rippe bewegt sich dagegen auf einer Strecke von 42% zurück. Die dazwischen liegenden Rippen bieten in ihrem Verhalten vermittelnde Übergänge.

Ein Widerspruch scheint in dem Gesagten insofern zu liegen, als bei sechs sternalen Rippen, dem Maximum der Reduktion an der ventralen Thoraxwand, zuweilen noch zwölf Rippen vorhanden sind, also auf vertebraler Seite die mögliche Grenze der Rückbildung noch nicht erreicht ist. Die in solchen Fällen auftretenden zwölften Rippen sind aber sehr stark rückgebildet, eine nennenswerte Funktion haben sie aufgegeben, daher in jener Periode ihre rasche Verkürzung. In diesen Rudimenten einer zwölften Rippe spiegelt sich aber die Zähigkeit wieder, mit der einmal angelegte Organe ihren alten Platz behaupten. Ich sehe in der Tatsache, dass hier embryonal die erste Rippenanlage auftritt, das konservierende Moment für das lange Bestehenbleiben dieser rudimentären Rippen.

Es wäre interessant, festzustellen, wie sich die verschiedenen Rassen dieser ganzen Bewegung gegenüber verhalten. Die Bemerkung Martins (1914, 971), dass nach Tredgold bei den Negern in sechzig Prozent acht sternale Rippen auftreten, lässt beträchtliche Rassenunterschiede vermuten; nach dem Gesagten müssten bei denselben primitivere Zustände herrschen. Es liegen leider in der Literatur keine Angaben vor, welche einen Vergleich zwischen verschiedenen Rassen ermöglichten, ausgenommen einige spärliche Angaben über die Länge der zwölften Rippe.

Im Vorhergehenden wurde die Länge der zwölften Rippe nur relativ ausgedrückt in Prozenten zum ganzen Rippenbogen. Um dieses Merkmal aber mit den Untersuchungen anderer Autoren vergleichen zu können, seien auch die absoluten Masse unseres Zürcher Materials gebracht. Darnach beträgt

die durchschnittliche Länge der 11. Rippe 20 cm
„ „ „ „ 12. „ 10,6 „ (Tab. 9).

Tabelle 9.

Länge der 11.—13. Rippe bei verschiedenen Rassen in cm.

Autor	11. Rippe			12. Rippe			13. Rippe			Material
	min.	max.	Mittel	min.	max.	Mittel	min.	max	Mittel	
Wiedersheim 1908	15	28	—	2	27	—	2	14	—	?
Adolphi 1905	—	—	—	♂ 3,3 ♀ 2,7	18,9 15,3	11,5–15,5 9—13,5	0,6 1,4	5,6 4,4	—	Russen
Frey	14,5	30	20	2 { ♂ 6 ♀ 3	19 { 19 16	10,6 { 13 8,8	♂ 5,5	8	7	Zürcher

Die zwölfte Rippe wurde zudem nach dem Geschlecht gesondert, und da ergab sich, wie es auch Adolphi 1905 für Russen beschrieben hatte, dass beim weiblichen Geschlecht dieselbe weiter rückgebildet ist als bei Männern.

Die elfte Rippe beim Material von Wiedersheim bewegt sich innerhalb derselben Grenzen wie bei den Zürchern, die zwölfte und dreizehnte Rippe sind dort etwas grösseren Schwankungen unterworfen. Die Russen Adolphis weisen ähnliche Befunde auf wie die Zürcher. Die auffallend kleinen Masse für elfte und zwölfte Rippe bei Martin (1914, 975) können nicht zum Vergleich herangezogen werden, sie betreffen (s. Adolphi 1905, 47) die Masse der zwölften und dreizehnten Rippe von Männern und sind irrtümlicherweise für die elfte und zwölfte Rippe übernommen worden.

Nach den früheren Ausführungen steht zu erwarten, dass die absolute Länge der elften und zwölften Rippe ebenfalls in korrelativem Verhältnis steht zu der Zahl der mit dem Sternum unmittelbar verbundenen Rippen. Tab. 10 bestätigt dies: mit der Abnahme

Tabelle 10.

Korrelation zwischen Zahl der Sternalrippen und Länge der 11. und 12. Rippe.

Zahl sternaler Rippen	Länge 11. Rippe in cm			Länge 12. Rippe in cm		
	min.	max.	Mittel	min.	max.	Mittel
8 sternale Rippen	20	30	**26**	13	19	**16,8**
7 sternale Rippen	15	25	**19**	4	18	**10,5**
6 sternale Rippen	14,5	18	**16**	0	3,5	—

der Zahl von Sternalrippen sinkt die Rippenlänge.

Dass auch der Bau dieser Rippen mit der zunehmenden Verkürzung Veränderungen aufweist, ist bekannt; sie machen sich auch nicht selten schon an der zehnten (eventuell neunten) bemerkbar.

Fluktuierende Rippen.

Bis dahin haben wir den Rückbildungprozess an den ventralen Rippenenden verfolgt, ohne darauf zu achten, ob die einzelnen asternalen Rippen noch mittelbar mit dem Sternum zusammenhängen, oder ob sie als Costae fluctuantes oder „freie Rippen" jene Verbindung aufgegeben haben und frei in der Bauchdecke endigen. Die Lehrbücher (Henle 1871, Disse 1896, Gegenbaur 1903 u. a.) geben im Text stets an, dass nur die elfte und zwölfte Rippe fluktuieren, in den Abbildungen tritt die zehnte aber auch häufig als in freier Form auf (Gegenbaur 1903, Fig. 189). Wir können vielleicht daraus schliessen, dass letzterer Zustand wenig in Erscheinung getreten sein mag bei dem Material, das den betreffenden Autoren zur Beobachtung vorlag. Dies ist um so glaubwürdiger, als Wiedersheim (1908, 62), der sich besonders ausführlich über dieses Merkmal äussert, hervorhebt, dass (nach Bälz) das sehr häufige Fluktuieren der zehnten Rippe bei den Japanern auf deren schwachen schmalen Unterthorax zurückzuführen sei; jedenfalls sieht er diesem Verhalten der Ostasiaten einen Gegensatz zu dem bei seinem Material vorkommenden. Letzteres müsste sich aber auch von den Zürchern unterscheiden; bei diesen zeigt sich:

11.	Rippe	ist	frei	34	mal,	d. h.	in	26,1 %
10.	„	„	„	84	„	„	„	64,6 %
9.	„	„	„	11	„	„	„	8,5 %
8.	„	„	„	1	„	„	„	0,8 %

Wir sehen ein durchaus progressives Verhalten, das dem Thorax grössere Beweglichkeit verschafft: die zehnte Rippe ist in 74 % frei. Es wurde schon oben darauf aufmerksam gemacht, dass sie durch die grosse Variationsbreite im Verhalten der Ansatzpunkte den Kampf, in dem sie steht, dokumentiert. Bei besonders progressiven Formen ist die neunte Rippe auch aus dem engen Verband des Rippenbogens ausgetreten. Der Zustand mit einer achten freien Rippe befand sich bei jenem Individuum unbekannter Herkunft; er muss also bei Festsetzung des zürcherischen Typus ausgeschaltet werden. Geringe Unterschiede zwischen dem beidseitigen Verhalten zeigen sich nur für die neunte Rippe: rechts ist sie in sechs Prozent frei, links dagegen in elf Prozent. Ein umgekehrtes Verhältnis tritt naturgemäss für die zehnte Rippe auf, da in all den Fällen, wo rechts die neunte noch gebunden war, die zehnte nun als erste freie Rippe auftritt. Den primitivsten, altererbten Zustand, wo nur die elfte und zwölfte Rippe fluktuieren, finden wir beidseitig in 26,1 %.

Nach Adolphi (1905, 46) ist bei seinen 83 Russen die zehnte Rippe in 69 % frei, die elfte tritt in 31 % als erste freie Rippe auf. Ein Rassenunterschied macht sich nur insoweit geltend, als die neunte Rippe bei den Russen noch nicht als fluktuierend in Erscheinung tritt wie zuweilen bei den Zürchern. Unterschiede zwischen beiden Geschlechtern treten bei letztern nicht zutage, Adolphi erwähnt auch keine; über Differenzen zwischen beidseitigem Verhalten finden sich bei ihm keine Angaben.

Unter 59 Individuen, die Bardeen (1900, 380) in Baltimore untersucht hat (44 Neger und 15 Weisse), ist die zehnte Rippe nur in 39 % fluktuierend; da die Resultate nicht nach Rassen geordnet sind, lassen sie sich anthropologisch nicht verwerten. Dagegen erlauben die in der Tabelle mitgeteilten Daten den Schluss, dass alle diese nach unserer Ansicht progressiven Fälle vergesellt sind mit andern Merkmalen dieser Art, sie gehören nämlich alle der durch Bardeen unter Gruppe I vereinigten Befunde an, bei denen sich eine Reduktion der Wirbelsäule vorfindet, sei es, dass die Thoraco-lumbal-, oder die Lumbo-sacral-, oder die Sacro-coccygeal-Grenze proximal verschoben sei. Da Bardeen an anderer Stelle (1904, 516) angibt, dass bei den Weissen die Neigung zur Reduktion praesacraler Wirbel grösser sei als bei den Negern, so dürfen wir annehmen, dass der gegen die

Zürcher (74%) und Russen (69%) gefundene niedrigere Prozentsatz hauptsächlich auf die bei seinem Material zu drei Vierteln vertretenen Neger zurückzuführen sei.

Wenn unsere Annahme, dass ein Zustand mit drei und vier freien Rippen ein progressiver, ein solcher mit nur zwei ein regressiver sei, zu Recht besteht, so muss sich dies durch die Korrelation dieser Merkmale mit andern entsprechender Art bekunden. In der Tat besteht ein korrelatives Verhältnis zwischen der Zahl der Sternalrippen und dem „Freiwerden" der Rippen; Tab. 11 zeigt, dass bei sechs

Tabelle 11.

Korrelation zwischen fluktuierenden und sternalen Rippen.

Zahl sternaler Rippen	Als erste freie Rippe tritt auf:			
	11. Rippe	10. Rippe	9. Rippe	8. Rippe
8 sternale Rippen	88%	12%	—	—
7 sternale Rippen	19,2%	72%	8%	0,8%[1])
6 sternale Rippen	—	—	100%	—

sternalen Rippen die neunte immer ihre mittelbare Verbindung mit dem Sternum aufgegeben hat, dass bei den atavistischen Formen mit acht Sternalrippen fast regelmässig nur die elfte und zwölfte Rippe fluktuierend sind. Die als normal geltenden Fälle mit sieben zum Sternum tretenden Rippen zeigen alle Übergänge zwischen beiden Extremen so, dass die grösste Zahl der Objekte den dazwischen liegenden Zustand aufweist, wo die zehnte Rippe frei in der Bauchwand endigt.

Es soll später noch gezeigt werden, dass die Rumpflänge nicht ohne Einfluss auf das „Freiwerden" der Rippen ist, indem bei kleiner Länge des Rumpfes durchschnittlich mehr Rippen sich losgelöst haben als bei langem Rumpf. Man könnte wohl für jenes Individuum mit acht Sternalrippen, bei dem die zehnte schon fluktuiert, diese Ursache geltend machen; es betrifft einen 86 jährigen Mann mit der ausserordentlich geringen Rumpflänge von 305 mm.

Vergleichen wir die oben als Hauptetappen im Reduktionsprozess bezeichneten Stadien mit dem Vorgang der Loslösung der kaudalen Rippen aus dem engern Verband des Rippenbogens, so ergibt sich folgendes:

[1]) Fall unbekannter Herkunft.

a) bei 8 stern. u. total 13 Rp. ist durchschnittl. die 11. Rp. frei
b) „ 8 „ „ „ 12 „ „ „ „ 10,8 „ „
c) „ 7 „ „ „ 12 „ „ „ „ 10. „ „
d) „ 6 „ „ „ 12 „ „ „ „ 9. „ „
e) „ 6 „ „ „ 11 „ „ „ „ 9. „ „

In der Form, wie diese erste freie Rippe an ihrem ventralen Ende gebaut ist, können verschiedene Zustände getroffen werden: der etwas zugespitzte Rippenknorpel kann kranialwärts umgebogen die Richtung auf die vorhergehende Rippe nehmen (ohne sie zu erreichen), oder das vordere Rippenende liegt der Richtung nach in der direkten Fortsetzung der knöchernen Rippe. Ersteres muss nach unserer Auffassung als ein jüngeres Stadium im Rahmen des Rückbildungsprozesses angesehen werden; der zweite Zustand lässt auf ein früher erfolgtes „Freiwerden" der betreffenden Rippe schliessen. In besonderen Fällen dokumentieren freie Rippen durch stumme Zeugen ihren einstigen Zusammenhang mit der vorhergehenden; es sind dies die:

Inscriptiones tendineae des M. obliquus abdominis internus.

Diese bieten einen deutlichen Beweis für die allmähliche Rückbildung der ventralen Rippenenden. Es fanden sich Inscriptiones tendineae bei unserm Zürcher Material auf eine Körperseite berechnet in 30 % und zwar im Anschluss an die zehnte Rippe in 12 %, an die elfte in 18 %, und selten, d. h. in 1 % in der Fortsetzung der zwölften Rippe (Tab. 12). Beidseitig liegt ein etwas

Tabelle 12.

Vorkommen von Inscriptiones tendineae im Musculus obliquus abdominis internus.

Inscriptio tendinea	rechts	links	total
an 10. Rippe	14 %	10 %	12 %
an 11. Rippe	22 %	14 %	18 %
an 12. Rippe	2 %	—	1 %

differentes Verhalten vor: 62 % aller Inscriptiones fallen auf die rechte Seite, 38 % sind links. Sprechend waren folgende Fälle: bei einem 32jährigen Manne wurde rechts die zehnte Rippe durch eine Inscription mit der neunten vollständig verbunden; das selbe fand sich rechts bei einer 45jährigen Frau, in die Inscription war hier zudem ein

2½ cm langer Knorpelstab eingelagert, der bis an die neunte Rippe heranreichte, mit dieser und der zehnten Rippe aber die Verbindung verloren hatte. Beide Zustände drücken den Übergang aus zwischen einer dem Sternum mittelbar verbundenen und einer freien Rippe Linkerseits war keine Inscriptio, die zehnte Rippe vielmehr vollständig fluktuierend. In dieser Verschiedenheit spiegelt sich die früher erwähnte Zurückhaltung wieder, die sich rechts im ventralen Teil bemerkbar macht, während linkerseits der Rückbildungsprozess ungehemmter vor sich geht.

Bekannt ist, dass diese Inscriptiones gelegentlich stäbchenförmige kleine Knorpel enthalten. Bei den total 31 Inscriptiones unseres Materials fanden sich vor:

an	der	10.	Rippe	7	mal	mit,	5 mal	ohne Knorpel
„	„	11.	„	2	„	„ 16	„	„ „
„	„	12.	„	—		1	„	„ „

Die zehnte Rippe zeigt solche Knorpeleinlagen am häufigsten. Für die elfte Rippe und besonders für die zwölfte liegen diese Umformungen durchschnittlich weiter in der Vergangenheit zurück, Knorpelstücke als unmittelbare Überbleibsel einer längern Rippe sind inzwischen eher verschwunden.

Die Inscriptiones tendineae des Obliquus abdominis internus dokumentieren untrüglich die Verkürzung der betreffenden Rippen im Gebiet des Muskels. Die nahe Verwandtschaft der Mm. intercostales interni mit dem schiefen innern Bauchmuskel wird beleuchtet durch den erfolgten Übergang des einen Muskels in den andern: der M. obliquus abdominis internus gewinnt das Gebiet, das dem M. intercostalis internus bei der Rippenreduktion verloren geht.

Wenn bei der Umformung des Thorax aus ursprünglich dem Sternum mittelbar verbundenen Rippen fluktuierende, freie Rippen entstehen, und wir die Inscriptiones als Reste jener der Reduktion anheimgefallenen Rippenstücke ansehen, so müssen sie als Zwischenstadien zwischen dem ursprünglichen und dem progressiven Zustand folgerichtig in engem korrelativem Verhältnis stehen zum Prozess der Loslösung der Rippen aus dem engeren Verband zu freien Rippen. In der Tat findet sich (s. Tab. 13) in den progressiven Fällen, wo die neunte Rippe als erste fluktuierende auftritt, eine Inscriptio in der Mehrzahl dieser Fälle (80 %) an der zehnten, weniger an der elften Rippe (20 %); ist dagegen die zehnte die erste freie Rippe, was für unser Zürchermaterial am häufigsten ist, so trägt in der Mehrzahl der Fälle (in 71 %) die elfte Rippe die Inscriptio. Da wo nur elfte und zwölfte Rippe frei sind, der Rückbildungsprozess die

Tabelle 13.

Korrelation zwischen erster freier Rippe und Inscriptiones tendineae im Obliquus abdominis internus.

Inscriptio tendinea	Als erste freie Rippe tritt auf:		
	11. Rippe	10. Rippe	9. Rippe
an 12. Rippe	17 %	—	—
an 11. Rippe	83 %	71 %	20 %
an 10. Rippe	—	29 %	80 %

zehnte also noch gar nicht erheblich erreicht hat, finden sich Sehneneinlagerungen nur im Anschluss an die elfte und zwölfte Rippe. Der letztgenannte Zustand ist für die Zürcher ziemlich selten und vergesellt sich stets mit andern primitiven Einrichtungen, wie z. B. in unserm Falle mit dreizehn Rippen. Im Gegensatz dazu zählen zu den erstgenannten Objekten (Inscriptio an zehnter Rippe; die neunte fluktuierend) solche mit sechs Sternalrippen, also ausgesprochen progressive Zustände. Nach Ruge (1880, 394) und Eisler (1912, 591) sollen auch in der Verlängerung der neunten Rippe Sehneneinlagerungen vorkommen, beim Zürcher Material sind sie sehr selten.

Voraussetzung für das Zustandekommen von Zwischensehnen ist, dass die betreffende Rippe mit der vorangegangenen den unmittelbaren Zusammenhang verloren hat, somit fluktuiert. Wenn also Le Double (1897, 320) erwähnt, dass ausser den Rippen 10—12 auch ausnahmsweise die 8. eine Inscriptio besitzen kann, so deutet das auf einen phylogenetisch hohen Stand im Aufbau des betr. Rippenbogens. Dass Le Double seine Beobachtungen an einem Material machte, das gegen unser Zürcher Material durchschnittlich progressiver war, erhellt auch aus seiner Bemerkung, dass die Zwischensehnen des Obliquus abdominis internus gewöhnlich in der Höhe der 10. Rippe sich finden und nur zuweilen der elften angehören.

Über das Vorkommen von Inscriptionen bei Negern berichten Chudzinski (1880, 440) und Loth (1912, 87). Nach des letztern Zusammenstellung sollen sie, auf eine Körperseite berechnet, in 4,7 % vorkommen, also in relativ sehr geringem Prozentsatz. Nun ist aber seine Berechnung in der Hauptsache auf fremden Untersuchungen aufgebaut, die z. T. zeitlich sehr weit zurückgreifen, in eine Zeit, da die morphologische Bedeutung dieser Zwischensehnen wohl kaum gebührend bekannt war, und ein Ausserachtlassen dieses Merkmals, das ohnehin oft äusserst unauffällig auftritt, leicht begreiflich wäre.

Es ist ja möglich, dass der Umformungsprozess des Rumpfes beim Neger weniger intensiv vor sich geht, eine innere Berechtigung für ein derartig ungleiches Auftreten (4,7 % gegen 30 % bei den Zürchern) liegt aber nicht vor. Von den drei Negern, die Loth selbst untersucht hat, besass ein Individium beidseitig im Anschluss an die 10. Rippe eine Inscription, ein Umstand, der für ein häufigeres Vorkommen bei den Negern sprechen dürfte. Bemerkenswert ist, dass wie bei unserm Zürcher Material so auch bei den Negern von Chudzinski Zwischensehnen häufiger rechterseits auftreten: einmal fanden sich solche beiderseits, zweimal nur je rechts.

All diese Inscriptionen mit oder ohne Knorpelreste stellen wertvolle Glieder dar in der Kette der Rückbildungserscheinungen, die sich am untern Thoraxende vollziehen, wobei die am Skelett sich abspielenden Vorgänge zugleich am Muskelsystem sich Geltung verschafft haben.

Costaler Ursprung des M. latissimus dorsi.

Einen weitern Einfluss konstatieren wir in das Gebiet des M. latissimus dorsi, dessen costaler Ursprungsteil durch die Rippenrückbildungen beeinflusst wird. In der Regel wird die Anheftung des Muskels vermittelt „durch schmale fleischigsehnige Zacken, die sich an die Aussenfläche der letzten drei oder vier Rippen zwischen den Ursprüngen des M. obliquus abdominus ext. und den Ansätzen des M. serratus posterior inferior anheften“ (Eisler 1912). Wie die Pars iliaca des Latissimus dorsi, so können die untersten Rippenzacken fehlen, beide Zustände sind aber durchaus verschieden zu bewerten, da ihnen verschiedene Ursachen zugrunde liegen. Das Fehlen des iliacalen Ursprungs hat mit den Reduktionserscheinungen am untern Thoraxende nichts zu tun. Es ist ein Rückschlag auf primitive Verhältnisse; denn erstens tritt diese Ursprungspartie erst bei den Anthropomorphen auf (Schück 1913) und zweitens lässt sich in frühembryonaler Zeit die allmähliche Ausbreitung des Latissimusursprunges aus der Gegend der vierten Rippe kaudalwärts verfolgen über die achte, neunte Rippe usw., und erst nachdem die zwölfte erreicht ist, erfolgt auch die Anheftung an der Crista iliaca (Keibel und Mall 1910, 490). Ein Fehlen dieses Ursprungsteiles fand sich bei unserm Zürcher Material in sieben Prozent, und zwar doppelt so häufig rechts als links (im Verhältnis von 5:2). Bemerkenswert ist, dass die betreffenden Individuen gruppenweise gleichen Gebieten entstammen (vier und drei je aus bestimmten Talschaften des Kantons Zürich) und ausser

diesem eine Reihe anderer primitiver Merkmale aufweisen. Unter drei Italiener-Leichen fehlte die Pars iliaca bei zweien beidseitig. Eine Reduktion der Zahl der Rippenzacken steht dagegen in unmittelbarem Zusammenhang mit der Rückbildung der Rippen. Drei bis vier Zacken sind nach den Lehrbüchern die Regel, ihre Zahl kann sich aber auf zwei und selbst eine vermindern. Bei unserm Material waren in den meisten Fällen (42%) drei Rippenzacken vorhanden, ebenfalls häufig (in 32%) nur zwei; der primitive Zustand von vier costalen Ursprüngen erhielt sich in 24%, nur eine Rippenzacke fand sich in 2%. Die Anheftung des Latissimus dorsi an den verschiedenen Rippen mit mehr oder weniger kräftigen Zacken fand sich in folgender Häufigkeit (Fig. 7):

an	8. Rippe	9. Rippe	10. Rippe	11. Rippe	12. Rippe
in	3%	54%	95%	97,5%	39%

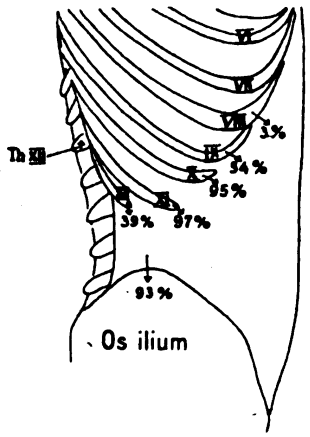


Fig. 7. Ursprung des Latissimus dorsi von den einzelnen Rippen und der Crista iliaca: Häufigkeit der Anheftung in % ausgedrückt.

Dazu kommen noch eine Reihe von Fällen (in 7%), bei denen wohl noch die Zacke für eine zwölfte Rippe vorhanden war; sie besass aber keine Anheftung an der Rippe, da deren vorderes Ende sich infolge Verkürzung zurückgezogen hatte. Die Anheftung erfolgte dann in der Regel an der Faszie des M. obliquus abdominis externus; bei einem 35jährigen Mann war rechts ein gut ausgebildeter, 2½ cm langer Sehnenbogen vorhanden, der sich von der Faszie des M. obliquus abdominis externus zur Pars iliaca des Latissimus dorsi erstreckte und einer kräftigen Muskelzacke Anheftung bot. Die Befestigung all dieser Zacken an der Muskelfaszie erfolgte stets nahe oder wenige Zentimeter vor dem ventralen Ende der zwölften Rippe in der Richtung der direkten Fortsetzung derselben.

Fig. 8 stellt alle Formen dar, unter welchen der costale Ursprung des Latissimus dorsi in Erscheinung trat und in welcher Häufigkeit. Die Befunde sind derart geordnet, dass die an der kranialen Grenze übereinstimmenden Objekte je zu einer Gruppe vereinigt wurden. Über die Häufigkeit der einzelnen Typen orientiert Fig. 8 genügend; grösseres Untersuchungsmaterial wäre notwendig, um eventuelle Gesetzmässigkeiten erkennen zu können. Es sind zwei Faktoren, welche die grosse Variabilität der Costalursprünge, d. h. deren ungleiche

Anzahl und ihre Anheftung an verschiedenen Rippen bedingen: die Verschiebung der kranialen und der kaudalen Ursprungsgrenzen. Beide unterstehen wiederum bestimmten Einflüssen, die für die erstere

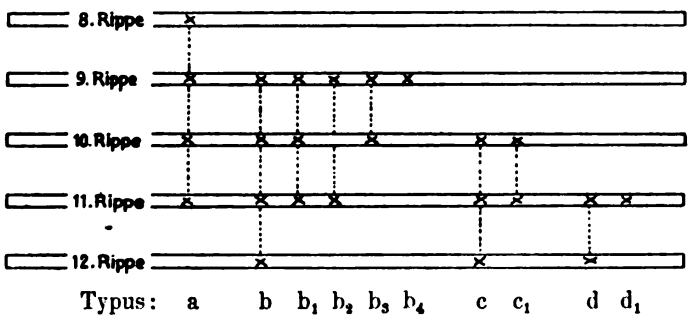


Fig. 8. Anheftung der Latissimuszacken an den einzelnen Rippen. Schematisch. Jede Muskelzacke ist durch ein × dargestellt, die Typen mit gleichem kranialen Ursprung zu Gruppen vereinigt, die Häufigkeit ihres Vorkommens in % ausgedrückt.

uns einstweilen unbekannt sind, während letztere als direkt abhängig vom Umformungsprozess des Thorax angesehen werden muss.

Die kraniale Grenze des Ursprungsgebietes fällt auf die Rippen acht bis elf, in den meisten Fällen auf die neunte oder zehnte Rippe, bei beiden Serien (d. i. das Material je eines Jahrganges) in wechselndem Verhalten. Nach Fig. 9 entspringt bei Serie I die erste Rippenzacke in 35 % von der neunten Rippe, bei Serie II in 66 %; umgekehrt bietet in 54 bezw. 32 % die zehnte Rippe Ursprung für die kranialste Zacke des Latissimus. Durchschnittlich unter hundert Fällen (die übrigen Objekte konnten nicht mitverwendet werden, da der Zustand wegen äusserer Ursachen nicht einwandfrei festzustellen war) entspringt die erste Latissimuszacke dreimal von der achten Rippe, 49-mal von der neunten, 41 mal von der zehnten und dreimal von der elften Rippe. Der Befund bei den beiden Serien zusammen zeigt somit zwingend, dass das er-

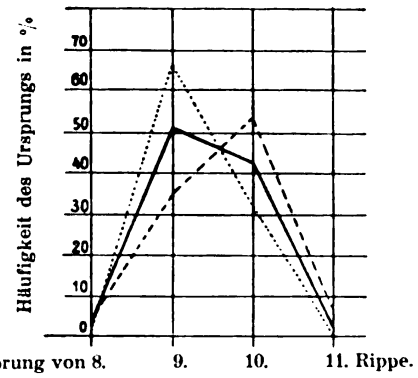


Fig. 9. Kraniale Ursprungsgrenze des Latissimus dorsi. Häufigkeit der Anheftung der ersten Rippenzacke von den verschiedenen Rippen.
– – – – Serie I } durch das ungleiche Ver-
..... Serie II } halten beider Serien zeigt sich der durchschnittliche Zustand ——— weit entfernt von einer Konstanten.

haltene Mittel nur bedingten Wert hat, da es weit entfernt ist von einer Konstanten.

Verschiedene Ursachen mögen zu der grossen Variabilität dieses Merkmals beitragen. So ist die Ansicht nicht von der Hand zu weisen, ob eine Ausdehnung des Ursprungsgebietes kranialwärts nicht in Kompensation erfolgen könne gegen den Verlust kaudalwärts ausfallender Rippenzacken. Bei der Reduktion der zwölften (und elften) Rippe fallen diese als Ursprungsgebiet nach und nach in Wegfall; analog den Gebietsverschiebungen bestimmter Muskelgruppen an andern Stellen würde auch hier die bekannte Erscheinung möglich sein: Verlust eines alten Gebietes ruft Neuerwerb an anderer Stelle hervor. Zudem würde es sich im gegebenen Falle nicht um eine eigentliche Neuerwerbung handeln, sondern um die Behauptung eines in der Ontogenie in der Regel vorübergehend in Besitz befindlichen Gebietes. Stützend für diese Ansicht wäre, dass Fälle mit Ursprung von der achten Rippe die progressivsten Thoraxformen aufweisen (sechs sternale Rippen, fehlende oder stark reduzierte zwölfte Rippen). Neben solch rein morphologischen Ursachen können sich auch mechanisch begründete Momente geltend machen: ob verschiedene Muskelstärke zur Anzahl von Ursprungszacken in Korrelation steht, ist nicht ausgeschlossen. Wahrscheinlich üben verschiedene Faktoren ihren Einfluss aus, morphologische und physiologische, und erschweren durch ihre Wechselwirkung die Erkenntnis des Geschehens.

Während die kraniale Ursprungsgrenze des Latissimus dorsi so sehr schwankt und die Anzahl der Ursprungszacken eine ungleiche ist, so macht sich in der kaudalen Ursprungsgrenze eine Gesetzmässigkeit geltend, die überrascht. Die von der zwölften Rippe entspringende Latissimuszacke ist sehr inkonstant, ja man kann für unser Zürcher Material sagen, sie stehe auf dem Aussterbeetat: in 61 % ist sie zurückgebildet, in 7 % hat sie sich erhalten, ihre unmittelbare Anheftung aber eingebüsst. Im ganzen fand sich folgendes Verhalten:

letzte Latissimuszacke an der 12. Rippe in	39 %	
„ „ „ Stelle einer 12. Rippe von Faszie des Obl. abd. ext. in	7 %	58 %
letzte Latissimuszacke an der 11. Rippe in	51 %	
„ „ „ „ 10. „ „	2 %	
„ „ „ „ 9. „ „	1 %	

Wenn wir die in Rückbildung begriffene Zacke, welche von der Faszie des M. obliquus abdominis externus entspringt, nicht als vollwertig ansehen, was sie auch in der Tat nicht mehr ist, so fällt die Anheftung der letzten Rippenzacke in der Mehrzahl der Fälle, nämlich

in 58 %, auf die elfte Rippe. Fig. 10 soll veranschaulichen, an welchen Rippen und in welcher Häufigkeit die kaudalste Rippenzacke des Latissimus dorsi entspringt. Das dort dargestellte Verhältnis darf nahezu ein konstantes genannt werden: das zu Grunde liegende Material setzt sich aus zwei Untersuchungsserien zusammen, die vom gegebenen Mittel um höchstens zwei Prozent abweichen.

Die in der Konstanten sich äussernde Wiederholung ganz bestimmter Verhältnisse findet ihre Erklärung, wenn wir die Rippenursprünge des Latissimus in Beziehung bringen zum Umformungsprozess des untern Thoraxendes. Gehen wir vom ursprünglichen Zustand aus, dem Bestehen von zwölf Rippen (von denen die letzte noch nicht reduziert ist) und dem Vorhandensein von Latissimuszacken von der neunten (zehnten oder elften) bis zwölften Rippe. Phylogenetische und ontogenetische Tatsachen sprechen für eine ursprünglich regelmässige Anlage der zwölften Rippenzacke; nur wenn eine Pars iliaca fehlt, wäre eventuell auch das Fehlen einer solchen zu erklären. Mit

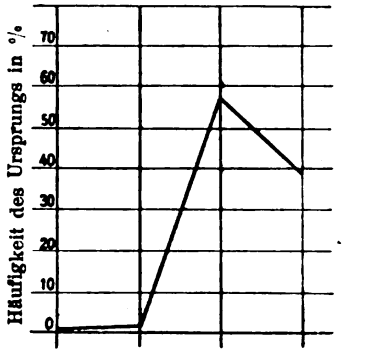


Fig. 10. Kaudale Ursprungsgrenze des Latissimus dorsi. Anheftung der letzten Rippenzacke von den einzelnen Rippen: in beiden Serien erfolgte sie in der durch die Kurve ausgedrückten Häufigkeit.

Ursprung der kaudalsten Latissimuszacke	Mittlere Länge der 12. Rippe
in 39 % an 12. Rippe	14,6 cm (= 31,3 % des Rippenbogens)
in 58 % an 11. Rippe	9 cm (= 20,7 % des Rippenbogens)
in 3 % an 10. Rippe	2 cm (= 3,3 % des Rippenbogens)

Fig. 11. Correlation zwischen Länge der 12. Rippe und Ursprung der letzten Rippenzacke des Latissimus dorsi: mit der Reduktion der kaudalen Rippen verschiebt sich der Muskelursprung kranialwärts.

der Rückbildung der letzten Rippen, bezw. mit der Umformung des Thorax, geht nun Hand in Hand eine Einbusse an Ursprungsgebiet für den Latissimus dorsi. Dass dieses Moment in der Hauptsache, ja vielleicht einzig massgebend ist für den Verlust der kaudalen Latissimuszacken, beweist die auffallende Korrelation zwischen der Zahl der Rippe, welche die letzte Zacke trägt, und ihrer Länge (Fig. 11). In allen Fällen, wo der Latissimus von der zwölften Rippe eine fleischige Zacke empfängt, ist die Rippe sehr lang (durchschnittlich 14,6 cm); trägt die elfte Rippe die letzte Ursprungszacke, so ist die 12. Rippe bedeutend kürzer (9 cm); bei den progressivsten Zuständen, wo weder zwölfte noch elfte Rippe dem Latissimus Ursprung gewähren, ist die zwölfte Rippe stark rückgebildet oder fehlend. Folgende Tabelle (Tab. 14) zeigt dieses Ver-

Tabelle 14.

Korrelation zwischen Länge der 12. Rippe und Ursprung der letzten Rippenzacke des Latissimus dorsi.

Letzte Rippenzacke entspringt an der	Länge der 12. Rippe					
	absolut			in % des Rippenbogens		
	Serie I	Serie II	Mittel	Serie I	Serie II	Mittel
12. Rippe	14,3 cm	15 cm	**14,6 cm**	31 %	31,4 %	**31,3 %**
11. Rippe	8,9 cm	9 cm	**9 cm**	20,5 %	20,8 %	**20,7 %**
10. Rippe	—	—	**2 cm**	—	—	**3,3 %**

halten in seiner Beständigkeit, beide Untersuchungsserien weichen kaum voneinander ab; die Länge der zwölften Rippe, ausgedrückt in Prozenten des Rippenbogens, beleuchtet das Gesagte besonders deutlich.

Ist also eine wirkliche Ursprungszacke an der zwölften Rippe vorhanden, so ist ein primitiver Zustand gegeben, trägt dagegen die zehnte Rippe die letzte Zacke, so zeigt der Befund progressiven Charakter; die dazwischen liegenden häufigeren Fälle bieten allmähliche Übergänge. Ein weiterer Beweis für die Abhängigkeit der Costal-Ursprünge des Latissimus dorsi vom Umformungsprozess des Thorax liegt in der Korrelation dieses Merkmals mit der Zahl von Sternalrippen (Tab. 15): 89 % der Objekte mit acht sternalen Rippen wiesen eine wohlausgebildete Zacke an der zwölften Rippe auf; bei einem ist diese rückgebildet, es ist dies jenes Individuum, bei welchem rechts acht, links sieben Rippen das Sternum erreichten. Nach dem

Tabelle 15.

Korrelation der Rippen-Ursprünge des Latissimus dorsi zur Zahl sternaler Rippen.

Letzter Rippenursprung von	8 sternale Rippen	7 sternale Rippen	6 sternale Rippen
12. Rippe	89 %	34 %	—
11. Rippe	11 %	66 % (58 + 8 %)	—
10. Rippe	—	—	100 %

Gesagten schreitet die Rückbildung am ventro-kranialen Teil des unteren Thoraxendes langsamer vorwärts als am dorso-kaudalen, und besonders rechterseits macht sich im ersten Abschnitt eine zurückhaltende Tendenz fühlbar. Dadurch ist leicht erklärlich: beiderseitiger Verlust der zwölften Rippenzacke, kombiniert mit links sieben, rechts acht sternalen Rippen. Mit dem Zustand von sechs Sternalrippen vergesellt sich stets der Verlust der zwölften und elften Rippenzacke. Bei sieben sternalen Rippen findet sich eine solche an der zwölften Rippe noch in 34 %, in den übrigen Fällen hat sie den Zusammenhang mit ihr verloren (8 %), oder sie ist ganz verschwunden (58 %), so dass die elfte Rippe die letzte Latissimuszacke trägt (66 %). Die Korrelation zwischen kaudaler Ursprungsgrenze des Latissimus und der Zahl von Sternalrippen ist weniger in die Augen fallend als die vorhin erwähnte Beziehung zur Länge der zwölften Rippe, denn die Intensität, mit welcher der Umformungsprozess des Thorax vor sich geht, nimmt gegen das Sternum hin ab.

Einen weiteren Beleg für den primitiven bezw. progressiven Charakter dieser Merkmale bieten ihre Beziehungen zu der Zahl fluktuierender Rippen. Tabelle 16 zeigt, dass in der Mehrzahl der Fälle (86 %), wo die zwölfte Rippe eine Latissimuszacke trägt, die

Tabelle 16.

Korrelation der Rippen-Ursprünge des Latissimus dorsi zu erster freier Rippe.

Letzter Rippenursprung von	Erste reie Rippe ist		
	11. Rippe	10. Rippe	9. Rippe
12. Rippe	86 %	27 %	10 %
11. Rippe	14 %	73 %	70 %
10. Rippe	—	—	20 %

elfte als erste freie Rippe auftritt; hat die zehnte ihre mittelbare Verbindung mit dem Sternum aufgegeben, so ist der Latissimus seiner Anheftung an die zwölfte Rippe verlustig gegangen (in 73%). In den progressiven Fällen, wo die neunte Rippe fluktuiert, kann sogar neben der zwölften auch die elfte Rippenzacke fehlen.

Rechts und links bestehen im Ganzen dieselben Zustände; man könnte von einer Neigung zu ursprünglicherem Verhalten rechterseits sprechen: in einer kleinen Mehrzahl überwiegen hier die Fälle mit einer zwölften Rippenzacke, dafür spricht auch das häufigere Fehlen der Pars iliaca auf der rechten Seite (r : l = 5 : 2). Ob darin ein Einfluss der Rechtshändigkeit zu erblicken ist, oder ob die früher erwähnte rückhaltende Tendenz auf der rechten Seite sich auch hierdurch Geltung verschafft, oder ob es nur Zufälligkeiten sind, vermag ich an Hand dieses Materials nicht zu beurteilen.

Musculus rectus abdominis: Ursprung und Inscriptiones tendineae.

Vordere Fläche des fünften bis siebenten Rippenknorpels und des Schwertfortsatzes sind in der Regel das Ursprungsgebiet des Musculus rectus abdominis. Es liegt die Frage nahe, ob mit der Rückbildung der ventralen Rippenenden am untern Thoraxrand nicht eine Verschiebung des Rectus abdominis-Ursprungs verknüpft sei. Als Ausgangspunkt diene uns die Tatsache, dass das Primäre ein hoher Ursprung ist: in der Primatenreihe kann der Rückzug des Muskels von der ersten über die folgenden bis zur fünften Rippe verfolgt werden. In den Fällen, wo der M. rectus abdominis nun beim Menschen noch von der vierten Rippe (event. nach Beobachtungen von Le Double 1897, 312 noch von der 3. oder 2. Rippe) eine Ursprungszacke erhält, werden wir mit Recht von einem primitiven Zustand sprechen dürfen, während die ebenfalls nicht seltenen Fälle mit erster Zacke von der sechsten Rippe progressiv zu deuten sind. Bei unserem Zürcher Material verteilte sich die erste Ursprungszacke auf die verschiedenen Segmente nach Tabelle 17. Auf den ersten Blick er-

Tabelle 17.

Ursprung des M. rectus abdominis.

Ursprung des M. rectus abdominis			
	total	rechts	links
von 4. Rippe	5%	4%	6%
von 5. Rippe	91%	88%	94%
von 6. Rippe	4%	8%	0

scheint es merkwürdig, dass die progressiven Formen sämtlich auf die rechte Seite entfallen, links war bei keinem der Individuen der Ursprung auf die sechste Rippe verschoben; ferner überrascht ein Überwiegen des primitiveren Zustandes linkerseits mit Ursprung von der vierten Rippe. Bei den bisher untersuchten Merkmalen war es stets die rechte Seite, welche gegenüber der linken eine rückhaltendere Tendenz bekundete, hier umgekehrt. Zudem vergesellen sich die ersteren Fälle meist mit dem Zustand von acht Sternalrippen, auch mit dem Vorkommen von total dreizehn Rippen, während umgekehrt der M. rectus abdominis von der vierten Rippe entspringt bei Brustkörben, die stärkere Rückbildung aufweisen. Woher der scheinbare Widerspruch? Der ursächliche Zusammenhang mag folgender sein: Die Thoraxwand als das Primäre gibt den Boden ab für die sich auf ihr festsetzende Muskulatur. Diese als das Sekundäre muss sich dem gebotenen Raum anpassen; ist die Thoraxreduktion wenig fortgeschritten (bei acht Sternalrippen, dreizehn Rippen), so kann der Muskel der ihm innewohnenden Tendenz gemäss seinen Ursprung kaudalwärts verschieben, er findet stets noch genügend Boden. Beim umgekehrten Verhalten, bei stark reduzierter ventraler Thoraxfläche wird der Rectus abdominis nicht so ungehindert seinen Ursprung verschieben dürfen, wenn er noch genügend Ansatzfläche erhalten soll; er wird also eventuell schon an der vierten Rippe mit einem Teil seines Ursprungs Halt machen, und somit verbindet sich in solchen Fällen ein progressives Verhalten der Thoraxwand mit regressivem der Muskulatur. Dass Fälle mit Ursprung von der sechsten Rippe nur auf der sonst konservativen rechten Seite zu treffen waren, lässt sich auf Grund des Gesagten leicht erklären.

Die ermittelten Beziehungen zwischen Thoraxrückbildung und Ursprung des Rectus abdominis regen zu der Frage an, ob nicht auch eine Korrelation vorhanden sei zwischen ihr und den Inscriptiones tendineae dieses Muskels. Durchschnittlich finden wir auf einer Seite drei wohlausgebildete und in achtzig Prozent noch je eine reduzierte Zwischensehne; es möge vorausgenommen werden, dass rechts und links durchschnittlich gleiche Verhältnisse bestehen. Die unterhalb des Nabels gelegene Inscriptio, welche in der Mehrzahl der Fälle fehlt, und wenn vorhanden, meistens zurückgebildet ist, interessiert uns in diesem Falle nur wenig, ebenso die fast regelmässig in die Höhe des Nabels fallende. Dem Feld unserer Untersuchung näher liegen die über dem Nabel auftretenden, von denen wir die kranialwärts des Rippenbogens gelegene als thoracale, die zwischen Rippenbogen und Nabel sich regelmässig vorfindende als

abdominale ansprechen. Letztere tritt in fast einem Drittel der Fälle doppelt auf, sei es als in zwei wohlausgebildeten oder in einer solchen vergesellt mit einer reduzierten. Tabelle 18 orientiert über

Tabelle 18.

Inscriptiones tendineae des M. rectus abdominis.

Inscriptio tendinea	fehlt	vorhanden		
		reduziert	in Einzahl	mehr als 1
über Nabel { thoracal	8 %	37 %	49 %	6 %
über Nabel { abdominal	—	2 %	71 %	27 %
in Höhe des Nabels	5 %	8 %	87 %	—
unterhalb Nabel	43 %	38 %	17 %	2 %

Anzahl und Verteilung der Inskriptionen; da wo mehr als eine in einer der angegebenen Regionen auftritt, wurde nicht weiter darauf Rücksicht genommen, ob diese zweite vollständig ausgebildet oder teilweise reduziert ist.

Fassen wir die Frage ins Auge, ob in der Zahl oder Verteilung der Inskriptionen ein Unterschied bestehe, wenn der Muskel einen hohen oder tiefen Ursprung aufweist, so zeigen die extremen Fälle mit Ursprung von vierter und sechster Rippe, dass keine Korrelation vorhanden ist. Vergleichen wir dieselben mit einem Merkmal, das uns einen untrüglichen Schluss gestattet auf den Stand der jeweiligen Thoraxreduktion, z. B. mit der Anzahl der Sternalrippen, so fehlen auch hier bestimmte Beziehungen. Anzahl und Verteilung der Zwischensehnen unterliegen scheinbar keiner Regel, jedenfalls stehen sie nicht in Korrelation zu den Rückbildungserscheinungen am untern Thoraxende. Das einzige, was sich als unmittelbare Folge des Reduktionsprozesses anführen liesse, es ist aber durchaus äusserlicher Natur, ist der Umstand, dass bei reduzierter vorderer Thoraxwand sogenannte thorakale Inskriptionen zu abdominalen werden. Bei einigen Individuen liess sich diese Verschiebung besonders deutlich wahrnehmen, da die beiden Seiten mit den verschiedenen Zuständen behaftet waren. Links war die Rückbildung der vorderen Rippenenden weiter gediehen als rechts, die Verteilung der in gleicher Höhe liegenden Inskriptionen war folgende:

Rechts: 1 an der Grenze (d. h. auf Rippenbogen gelegen) und 1 abdominale; links zwei abdominale.

Rechts: 1 thoracale und 1 abdominale; links: 1 an der Grenze und 1 abdominale.

Rechts: 1 thoracale und 1 an der Grenze; links: 1 an der Grenze und 1 abdominale.

Um ein abschliessendes Urteil über diese Verschiebungen der Inscriptiones in Beziehung zur Thoraxumformung geben zu können, sollte die Homologie der einzelnen Zwischensehnen vorerst festgestellt sein. Ohne die Kenntnis der Innervation der dazwischen gelegenen Muskelsegmente ist dies aber unmöglich. Wie die in Nabelhöhe gelegene Inscriptio drei ganz heterogene Inskriptionen repräsentieren kann (Ruge 1892, 403), so ist Ähnliches für die kranialwärts gelegenen Zwischensehnen anzunehmen. Nicht selten ist eine thoracale Inscriptio scheinbar reduziert, sie durchsetzt nur die laterale Hälfte oder zwei Drittel des M. rectus thoraco-abdominalis, was bei genauerer Untersuchung gerade die Muskelmassen kranialer Ursprungszacken betrifft (z. B. von fünfter und sechster Rippe), während die letzte Rippenzacke (von siebenter Rippe) keine Zwischensehne aufweist. Ob in solchen Fällen die Inscriptio wirklich eine reduzierte ist, welche ursprünglich die ganze Breite des Muskels durchsetzte, oder ob sie aus weiter kranialwärts gelegenem Gebiete stammt, und mit der in der Primatenreihe kaudalwärts erfolgten Verschiebung des Ursprungs sich in gleicher Richtung verschoben hat, bleibe speziellen Untersuchungen überlassen.

Einfluss der Thoraxumformung auf den Ursprung des Zwerchfells.

Die Umformungen am Rumpfskelett müssen naturgemäss die costo-sternalen Teile des Zwerchfells beeinflussen, da diese am untern Thoraxrand entspringen. Bekannt ist (Eisler 1912, 543), dass die Zacke von der zwölften Rippe, ebenso der Sehnenbogen zwischen elfter und zwölfter Rippe fehlen kann, dass ferner grössere und kleinere Bündel ihren Ursprung auf die Faszie des Musc. transversus abdominis verlegen, auf das Feld zwischen Proc. xiphoides und Rippenbogen. Es ist einleuchtend, dass der Verlust der Zacke von der zwölften bezw. auch der Ursprungspartie von elfter zu zwölfter Rippe eine Folge ist der Rückbildung der zwölften Rippe, dass bei reduzierter oder gar fehlender Rippe ein solcher Ursprung überhaupt nicht vorkommen kann. Ebenso wie diese Abweichungen eine Folge sind der am Skelett sich abspielenden Umformungsprozesse, ebenso möchten wir die Absprengung gewisser ventraler Ursprungsteile des Zwerchfells als weitere Folgeerscheinung derselben auffassen.

Die Form und Stärke, in der diese abgespaltenen Muskelbündel auftreten, ist eine verschiedene; es sind oft nur schwache, dünne

Muskelzüge, wiederum geschlossene, oft kräftige Muskelplatten, welche das Feld zwischen Proc. xiphoides und Rippenbogen zum Teil oder vollständig einnehmen. Ihr Ursprung reicht verschieden weit kaudalwärts; er kann sich bis fünf Zentimeter von der Spitze des Proc. xiphoides entfernt einstellen; in einigen Fällen betrug die Längenausdehnung der freien, d. h. vom Rippenbogen nicht bedeckten Muskelplatte bis zu sieben Zentimeter. Die Anheftung erfolgt stets auf der Dorsalseite der Fascia tranversa, der Muskel liegt naturgemäss unter dem M. transversus abdominis direkt auf dem Peritoneum. Entweder strahlen die Bündel dieser Muskelzüge auf der Faszie frei aus, in der Hauptsache unter sagittalem Verlauf, die Enden divergieren dann meist etwas kaudalwärts, oder in weniger häufigen Fällen entspringen sie von einem Sehnenbogen, der sich in wechselnd starker Ausbildung vom Proc. xiphoides zum Rippenbogen erstreckt. Immer konvergieren die Bündel gegen das Centrum tendineum hin, in das sie in geschlossenen Zügen übergehen. Links sind sie meist kräftiger als rechts, wie sie auch linksseitig häufiger in Erscheinung treten. Möglich, dass die Nachbarschaft des Herzens damit in ursächlichem Zusammenhang steht und gegen ein proximales Vorrücken des sterno-costalen Ursprungs hemmend wirkt.

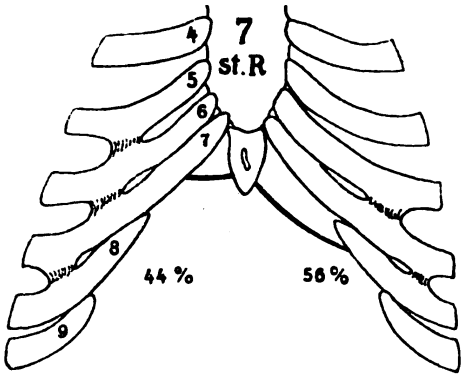


Fig. 12. Sterno-costale Ursprungsgrenze des Zwerchfells bei Brustkörben mit 7 sternalen Rippen.
rechts: der als Norm erkannte Zustand (44%) mit Ursprung vom Proc. xiphoides, 7., 8., 9..... Rippe u. s. w.
links: in 56% haben sich Muskelzüge vom Rippenbogen abgespalten; sie gehören in der Mehrzahl der Fälle (74%) der achten Rippe an.

Unter sechzig Leichen fanden sich solche abgesprengte Ursprungszacken stärkerer oder schwächerer Ausbildung 69 mal, d. i. in 57,5 %. Auf die 120 Seiten verteilt, fallen auf die rechte 48 %, auf die linke 67 %. Es darf wohl betont werden, dass die ungleiche Höhenlage dieser Zwerchfellsteile nicht auf physiologische Verschiebungen zurückzuführen ist. Das Alter hat keinen Einfluss auf ihr Vorkommen, da junge Individuen in gleicher Häufigkeit solche aufweisen wie ganz alte, ferner ist weder das eine noch das andere Geschlecht häufiger davon betroffen, noch besteht eine Korrelation gegenüber verschiedener Rumpflänge.

Fig. 12 stellt rechts den als Norm in den Lehrbüchern angeführten Zustand schematisch dar, bei dem die Ursprungsgrenze des Zwerchfells vom Proc. xiphoides auf die siebente Rippe übergreift;

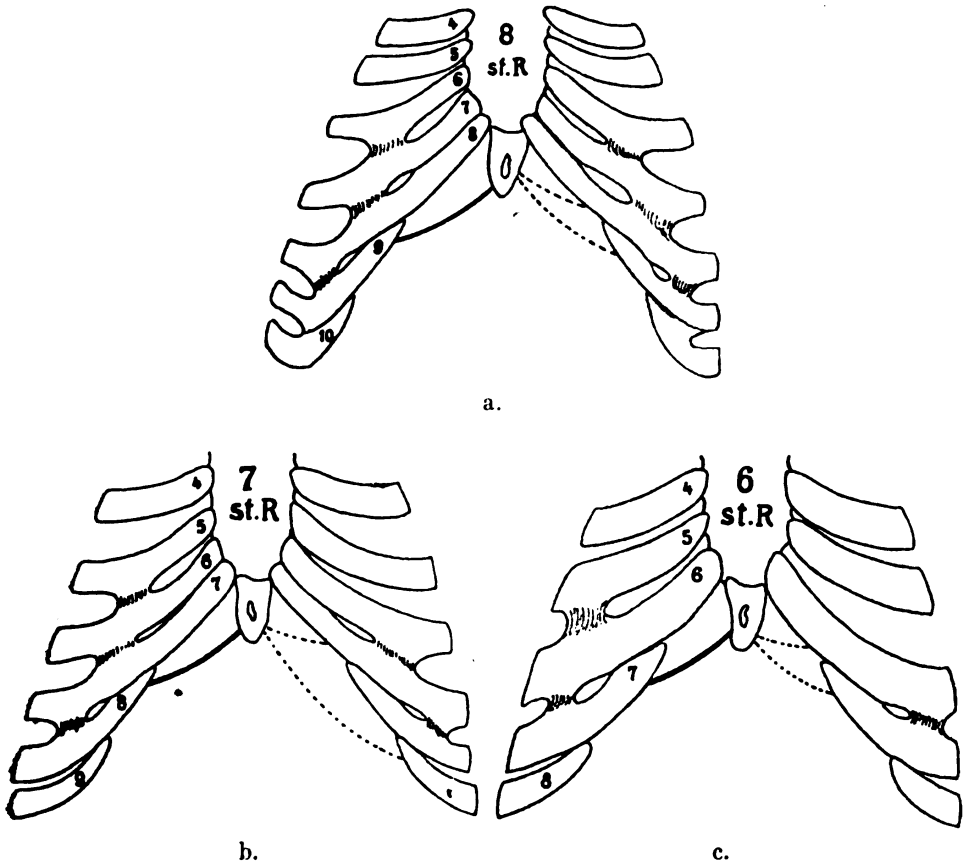


Fig. 13. Sterno-costale Ursprungsgrenzen des Zwerchfells bei Brustkörben mit 8, 7 und 6 sternalen Rippen.

rechts: Die Zugehörigkeit der abgesprengten Zwerchfellszacke zur 9., 8., bezw. 7. Rippe bei phylogenetisch verschiedenen Zuständen wird schematisch dargestellt.

links: Variabilität in der Ausdehnung der kaudalwärts ausstrahlenden abnormen Muskelbündel.

Man beachte zugleich die verschiedene Häufigkeit des Auftretens von Articulationes interchondrales bei primitiven und progressiven Thoraxformen, ferner die Verschiebung im Auftreten derselben von rechts kranial nach links kaudal.

dieser Zustand findet sich bei unserm Zürcher Material bei Individuen mit sieben Sternalrippen in 44%; links ist auf derselben Figur das durchschnittliche Verhalten der übrigen 56% eingezeichnet: Zwerchfellsteile, ihres skeletogenen Ursprungs durch Reduktion der achten Rippe verlustig geworden, strahlen frei aus, immerhin derart, dass

ihre frühern Beziehungen zum Rippenbogen deutlich sind und in 74% der achten Rippe angehört haben.

Ein Zusammenhang mit dem Umformungsprozess am Thorax scheint sichergestellt: Bei sechs sternalen Rippen finden wir immer solch abgesprengte Ursprungszacken, bei sieben und acht Sternalrippen je in 56%. In den meisten Fällen lässt der Zustand einwandfrei erkennen, von welcher Rippe das betreffende Muskelbündel abgesprengt ist, d. h. an welcher Rippe sein Ursprung stattgehabt, bevor die Rippe sich auf den momentanen Stand reduziert hat. In der Mehrzahl der Fälle war der abgesprengte Muskelteil der ersten asternalen Rippe zugehörig. Bei acht sternalen Rippen streben durchschnittlich die Muskelbündel der neunten, bei sieben Sternalrippen der achten, und bei sechs dem Sternum mittelbar verbundenen Rippen der siebenten Rippe zu. Auf Fig. 13 a—c rechts ist je durch den dicken Strich die Zugehörigkeit der freien Zwerchfellszacke zum Rippenbogen bei phylogenetisch verschiedenen Zuständen schematisch angedeutet; links deuten die beiden punktierten Linien den verschiedenen Grad der Ausdehnung an, nach welchem die Muskelplatten kaudalwärts reichen können. Dabei ist zu bemerken, dass die Variabilität, die sich innerhalb jeder der drei Gruppen geltend macht, in direkter Abhängigkeit zu den verschiedenen phylogenetischen Entwicklungsstufen der betreffenden Thoraxform steht, dass z. B. beim Zustand von sieben sternalen Rippen bei Thoraxformen mit sonst progressiven Merkmalen (stark reduzierter zwölfter Rippe, neunte Rippe fluktuierend u. a.) der Zwerchfellursprung weniger weit kaudalwärts ausgreift als bei primitiveren Formen, wo derselbe bis zur neunten Rippe sich ausdehnen kann. Das Zwerchfell, so dürfen wir wohl daraus schliessen, beteiligt sich nur zögernd am Umformungsprozess; das spricht sich ferner in der Tatsache aus, dass bei acht Sternalrippen abgesprengte Muskelteile ebenso häufig vorkommen wie bei sieben, vor allem aber darin, dass überhaupt in so hohem Prozentsatz diese Zeugen einer früher weit kaudalwärts reichenden Ursprungsausdehnung anzutreffen sind.

Bei aller Verschiedenheit der einzelnen Zustände muss uns auffallen, dass die vom Rippenbogen losgelösten Muskelzacken meistens der ersten asternalen Rippe angehören, somit der ventrale Teil des Zwerchfellursprungs ziemlich konstant durch eine Linie gegeben ist, welche Proc. xiphoideus mit erster asternaler Rippe verbindet. Wenn wir uns vergegenwärtigen, dass, wie später (S. 50) weiter ausgeführt werden soll, die Länge der Sterna bei progressiven und primitiven Thoraxformen sich gleichbleibt, dass ferner die Höhe des Thorax in

keiner Korrelation steht zum Umformungsprozess, dann wird verständlich, dass sich das Diaphragma in seinem Ursprungsverhalten auf die dargestellte Weise den gegebenen Verhältnissen anpassen muss. Trotzdem nun innerhalb des Genus Homo die absolute Thoraxhöhe sich kaum oder nur wenig verschiebt und infolgedessen der Zwerchfellursprung als an den untern Thoraxrand gebunden in seiner absoluten Höhenlage ziemlich konstant ist, kann die morphologische Verschiebung der Zwerchfellzacken eine ganz beträchtliche werden, ja sie beträgt innerhalb unseres kleinen Materials volle zwei Segmente.

Wenn wir zusammenfassend diejenigen Momente ins Auge fassen, welche in ihrer Wechselwirkung die bestehenden Zustände zu schaffen berufen sind, so sind es in der Hauptsache zwei Faktoren, die sich in ihren Folgeerscheinungen auch in diesem Gebiet Geltung verschafft haben: 1. Der Verkürzungsprozess des Rumpfes, der innerhalb der Primatenreihe sich vollzieht und uns als Zeugen diese Muskelplatten hinterlässt, Zwerchfellsteile, die durch die Verkürzung des Thorax den skeletogenen Ursprung eingebüsst haben; 2. der Umformungsprozess innerhalb des Genus Homo, der, ohne die äussere Gestalt des Brustkorbes zu beeinflussen, rein morphologisch wirksam die direkte Weiterführung phylogenetischer Entwicklung darstellt und uns als Folgeerscheinung die Verschiebung von Zwerchfellsteilen um ein, ja zwei Segmente hinterlässt, eine Verschiebung, die wiederum morphologischer Natur ist, indem sie sich nicht mit einer Verschiebung des absoluten Höhenstandes des Diaphragma vergesellt.

Äussere Form des Thorax.

Die Umformung der vorderen Thoraxwand durch Rückbildung der ventralen Rippenenden am unteren Rande des Brustkorbes legt die Frage nahe, ob nicht auch das Sternum als Produkt medialer Rippenteile (Ruge 1880, 381) von der Tendenz zur Verkürzung ergriffen sei. Um eine eventuelle Abhängigkeit der Länge des Brustbeins von der ganzen Rumpflänge (Entfernung zwischen Incisura jugularis sterni und Oberrand des Symphysis ossium pubis) auszuschalten, wurden beide Merkmale zueinander in Beziehung gebracht, auf Fig. 14 schematisch dargestellt. Dabei zeigt sich die interessante Tatsache, dass bei Abnahme der Rumpflänge die Länge des Brustbeins (Corpus sterni ohne Proc. ensiformis) sich nahezu gleichbleibt, also haben grosse Individuen relativ kleine, kleine Individuen verhältnismässig grosse Sterna. Die Variabilität derselben ist absolut eine sehr geringe, relativ, d. h. in Prozenten der Rumpflänge ausgedrückt,

eine beträchtliche; doch fällt letzteres ganz zu Lasten der ausserordentlich verschiedenen Rumpflängen. Folgende Tabelle bringt die

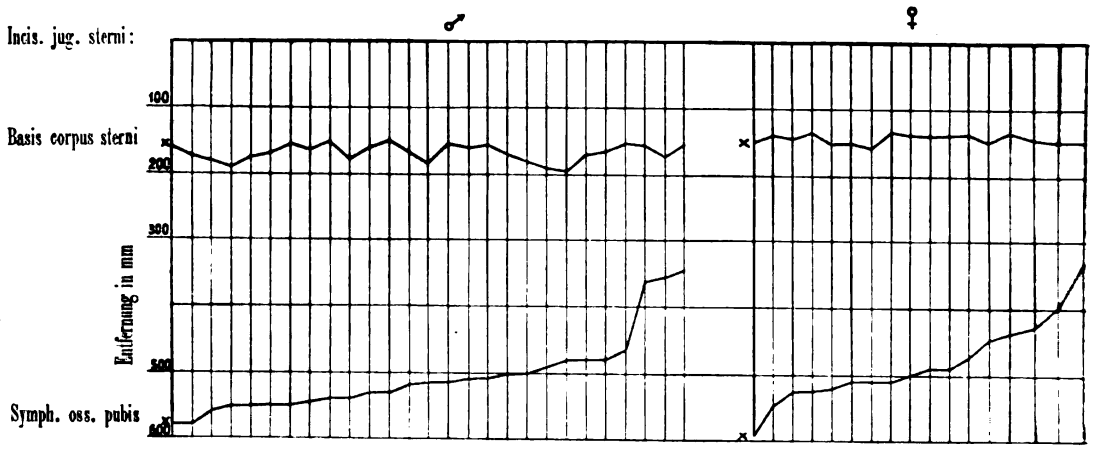


Fig. 14. Korrelation zwischen Länge des Sternum und Rumpflänge; beide Grössen in absoluten Massen, nach den Geschlechtern getrennt, graphisch dargestellt. Bei sehr verschiedenen Rumpflängen bleiben sich die Sterna nahezu gleich.

absoluten Masse der Sterna in Millimetern, die relativen in Prozenten zur Rumpflänge ausgedrückt, zur Darstellung (Tabelle 19).

Die Tabelle zeigt zugleich, dass ein beträchtlicher Unterschied im Verhalten beider Geschlechter besteht: bei Frauen sind die Sterna

Tabelle 19.

Länge des Brustbeins bei beiden Geschlechtern.

Länge des Sternum	absolute Länge in mm			in % zur Rumpflänge		
	min.	max.	Mittel	min.	max.	Mittel
bei Männern	150	195	168	27	50	35
bei Frauen	135	160	145	25	45	30

durchweg kleiner als bei Männern, absolut und relativ. Martin (1914, 972) erwähnt die bedeutende Geschlechtsdifferenz, sie soll (nach Henke s. Martin) durch die Einwirkung der enganliegenden weiblichen Kleidung verursacht werden. Ob nicht eher eine Anpassung in dieser Erscheinung liegt, da sie auch bei primitiven Völkern auftritt, bleibe dahingestellt. Die Variationsbreite in der Länge der Sterna scheint nach Henschen (1914, 655) bedeutend grösser zu sein; er gibt an für Männer Unterschiede von 7,9 cm, für die Frau solche von 7,5 cm (gegen 4,5 bezw. 2,5 cm unserer Untersuchung). Das rührt wohl

daher, dass Henschen in seinem Masse den Proc. xiphoidens mitverwendet hat, während wir diesen, als sehr variables Gebilde, bei der Messung ausgeschaltet haben.

Wenn bei solch differenten Rumpflängen, wie sie unser Material aufweist, die Brustbeinlänge kaum variiert, so müssen schwerwiegende Gründe zu solchem Verhalten Anlass geben; wir werden sie in den Nachbarbeziehungen von Herz und Lungen suchen müssen. Ein bestimmtes Mindestmass an Raum ist für diese Eingeweide Voraussetzung. Das erklärt uns auch den Widerstand, der sich im Rückbildungsprozesse von der dorso-kaudalen zur ventro-kranialen Thoraxwand bemerkbar machte. Der Widerstand erreicht sein Maximum am Sternum: dieses scheint sich an der ganzen Bewegung nicht zu beteiligen. Nach Tabelle 20 sind bei acht sternalen Rippen nicht,

Tabelle 20.

Absolute Länge des Sternum zur Anzahl von Sternalrippen bei beiden Geschlechtern.

Mittl. Länge des Sternum in mm	Zahl sternaler Rippen		
	8 st. R.	7 st. R.	6 st. R.
bei Männern	183	167	175
bei Frauen	140	145	—

wie man erwarten dürfte, besonders grosse, noch bei nur sechs Brustbeinrippen kürzere Sterna anzutreffen.

Dem gegenüber ist es nicht unwahrscheinlich, dass der Umformungsprozess des Thorax in etwelcher Beziehung stehe zur Rumpflänge. Die Loslösung der Rippen vollzieht sich nämlich bei geringer Rumpflänge eher an kranialeren Segmenten, bei bedeutender Rumpflänge fand sich vorzugsweise ein ursprünglicher Zustand, es waren nur die elfte und zwölfte (seltener auch schon die zehnte) Rippe fluktuierend. Allerdings tritt diese Korrelation nicht durchweg auf. Es ist vielmehr nur eine durch den Verkürzungsprozess erworbene Tendenz bestimmter Rippen zur Loslösung aus dem Verband des Rippenbogens, die im einen Fall begünstigt, im andern, wenn nicht gehemmt, so doch unbeeinflusst bleibt. Wenn wir uns vergegenwärtigen, dass bei gleichbleibender vorderer Brustwand (Sternum) die Rumpflänge fast auf das Doppelte ansteigen kann (Fig. 14), so scheint bei Individuen mit kleiner Rumpflänge die Beweglichkeit des Thorax eher geringer zu sein als bei grosser Rumpflänge. Dass bei den ersteren zwecks

grösserer Beweglichkeit die dem betreffenden Reduktionsstadium entsprechenden Rippen eher aus dem festen Verbande treten, mag eine Erscheinung sein, die, unabhängig vom Rückbildungsprozess, sich ihm nach Bedürfnis anschliesst. Hierzu wäre der früher erwähnte primitive Fall zu rechnen, wo bei acht Sternalrippen die zehnte schon fluktuiert; die Rumpflänge ist bei dem betreffenden Individuum aussergewöhnlich gering.

Fassen wir den Thorax als Ganzes ins Auge, so steht zu vermuten, dass die totale Höhe desselben mit dem Umformungsprozess eine Verschiebung erleidet, die sich allenfalls mit einer Breitenzunahme vergesellt. Unser Material deutet aber auf keinerlei derartige Beziehungen hin. Um diese Frage zu prüfen, wurde der Thorax-Index der einzelnen Individuen zum Vergleich herangezogen (d. i. grösste Thorax-Breite gemessen durch die grösste Höhe desselben, wobei diese ausgedrückt wird durch die projektivische Entfernung zwischen Oberrand der Incisura jugularis sterni und dem tiefsten Punkt des Rippenbogens). Der mittlere Index betrug 93,6 (bei einer Variationsbreite von 81 bis 127); Brustkörbe mit acht sternalen Rippen, also ursprüngliche Formen, zeigten einen Index von 83 bis 93, der progressivste Zustand mit nur sechs sternalen Rippen erreicht mit 90 ebenfalls nahezu das Mittel der Befunde. Das Verhältnis von absoluter Höhe und Breite des Brustkorbes steht, so können wir wohl an Hand dieses relativ beschränkten Materials sagen, in keinem Verhältnis zum Umformungsprozess.

Dasselbe gilt für die Höhe des Thorax überhaupt. Um eventuelle Korrelationen mit andern Merkmalen festzustellen, wurde sie vorerst in Beziehung gebracht zur Grösse des Sternum, ferner zur Rumpflänge der betreffenden Individuen. Während die Sterna bei sehr verschiedener Rumpflänge nahezu konstante Länge zeigen, so ist die Thoraxhöhe von der Rumpflänge abhängig: sie steigt und sinkt mit derselben, allerdings in schwächerem Masse als sie. Eine Beziehung zur Thoraxumformung besteht dagegen nicht. Ein Index, gebildet aus der Länge des Sternum und diese gemessen durch die grösste Thoraxhöhe, steigt mit der Abnahme der Rumpflänge infolge der Stabilität des Sternum, er verhält sich aber durchaus indifferent in bezug auf den Umformungsprozess des Thorax. Wenn der mittlere Index 56 beträgt (Variationsbreite 48 bis 69), Brustkörbe mit acht sternalen Rippen einen Index von 60, solche mit sechs Sternalrippen einen solchen von 56 aufweisen, so erhellt daraus, dass mit der morphologischen Verschiebung des untern Thoraxendes kranialwärts nicht zugleich eine Verkürzung des gesamten Brustkorbes voll-

zogen werde. Diese Tatsache wird bestätigt, wenn wir das Verhältnis von Thoraxhöhe zur Rumpflänge prüfen. Infolge der oben erwähnten Korrelation beider Merkmale schwankt der Index nur wenig: die Variationsbreite liegt zwischen 50 und 60, ist im Mittel 55. Bei acht Sternalrippen ist sie 51, also gerade wider Erwarten sehr gering; bei sechs dem Sternum unmittelbar verbundenen Rippen 53, also ein ähnliches Verhältnis wie bei dem primitiven Brustkorb.

Ein weiteres Merkmal der äussern Thoraxform, das auf eventuelle Beziehungen zum Umformungsprozess geprüft werden soll, ist der Angulus infrasternalis (= Angulus epigastricus). Man könnte geneigt sein zu vermuten, dass bei der grossen Beständigkeit des Sternum ein Unterschied bestehe im Winkel, unter dem die letzten Sternalrippen am Brustbein zusammentreffen, in dem Sinne, dass bei einer grössern Zahl sternaler Rippen diese steiler verlaufend dem Sternum zustreben, während bei nur sechs sternalen Rippen diese unter grösserem Winkel sich anheften. Diese Annahme erweist sich aber als irrig. Der Infrasternalwinkel, der übrigens, weil den Leichen, also einem Zustand maximaler Expiration, entnommen, durchschnittlich klein ist, beträgt für unser Material im Mittel 73° bei einer ausserordentlich grossen Variationsbreite (45° bis 105°). Primitive wie progressive Thoraxformen können nun einen kleinen oder grössern Winkel aufweisen, so fanden sich bei acht sternalen Rippen Winkel von einmal 60° und zweimal 90°, bei sechs sternalen Rippen je 50° und 70°. Bei sieben sternalen Rippen waren alle Grössen vertreten nach Alter und Geschlecht in wirrem Durcheinander. Die morphologischen Begebnisse, die für den Thorax charakteristisch sind, haben somit keinen Einfluss auf den Angulus epigastricus. Er steht vielmehr in Beziehung zum Thorax Index, so dass breite Brustkörbe durchschnittlich einen grössern Winkel aufweisen als schlanker gebaute. Wenn wir unser Material in zwei Gruppen ordnen, nach ihrem Verhältnis von Thoraxbreite zu dessen Höhe, so haben die

Fälle mit höherem Index einen durchschnittlichen Winkel von 80° (Variationsbreite 60° bis 105°),

Fälle mit niedrigerem Index einen durchschnittlichen Winkel von von 68° (Variationsbreite 45° bis 85°).

Indem wir einige Merkmale der äussern Thoraxform in den Kreis unserer Untersuchung hereingezogen haben, so sind wir uns bewusst, dass das verwendete Material zu diesem Zwecke zu klein ist, um abschliessend urteilen zu können, dass es ferner, obschon nur frische Brustkörbe in Betracht kamen, nicht ganz einwandfrei genannt werden darf. Es mögen bei einzelnen Individuen durch pathologische Pro-

zesse Formveränderungen eingetreten sein; da, wo sie als solche erkannt wurden, blieben die betr. Brustkörbe von der Untersuchung ausgeschaltet, in andern Fällen können sie die Resultate etwas beeinträchtigt haben. Immerhin lässt sich mit ziemlicher Bestimmtheit sagen, dass die morphologischen Veränderungen, die den Umformungsprozess des Thorax kennzeichnen, die äussere Form desselben kaum oder gar nicht beeinflussen. Diese ist das Produkt einer Reihe von Faktoren, durch deren mannigfaltige Wechselwirkungen die grosse Variabilität derselben sich herausbildet. Die morphologische Entwicklung geht daneben dessenungeachtet ihren kaum beachteten, langsamen Gang im Laufe der Zeiten. Das Resultat dieser Umwandlung mag sich nach sehr grossen Epochen auch in Veränderungen der äussern Form geltend machen, die Vergl. Anatomie lässt dies sogar als wahrscheinlich erachten, aber für den menschlichen Thorax, herausgegriffen aus dem ganzen Werdegang, kann man sagen: alle andern, äussern Einflüsse, die auf die Thoraxform wirken, sind grösser und wirksamer als das morphologische Moment, das durch sie verwischt und unterdrückt wird.

Thoraco-lumbal-Wirbelsäule.

Bisher haben wir die Untersuchungen über den Umformungsprozess des Thorax auf den Brustkorb selbst beschränkt. Wenn wir jedoch, wie einleitend bemerkt wurde, den Vorgang als einen Teil des in der Phylogenie an der Wirbelsäule sich vollziehenden Umformungsprozesses ansehen, dann müssen wir auch eventuelle Abweichungen in der Zahl praesacraler Wirbel mit in Betracht ziehen. Nach unserer Voraussetzung sind die Veränderungen der Wirbelsäule das bedingende Moment, die Umformung des Thorax eine der sich einstellenden Folgen; eine Übereinstimmung im Auftreten gleichsinniger Erscheinungen würde den innern Zusammenhang des Geschehens bekräftigen.

Unser relativ kleines Material zeigt im Verhalten der einzelnen Wirbelsäulenregionen eine grosse Variabilität, der wir in Fig. 15 Ausdruck verliehen. Über die Häufigkeit des Auftretens der einzelnen Typen orientieren die beigefügten Zahlen; diese statistischen Angaben sind auf Grund einer beschränkten Anzahl (49) Individuen aufgebaut, die übrigen Wirbelsäulen wurden aus äussern Gründen hierzu nicht verwertet. Um die bei den Zürchern vorkommenden Varianten aber doch möglichst vollständig zu ermitteln, wurden Objekte der anatomischen Sammlung unserer Typenreihe eingefügt, selbstverständlich bei der Statistik aber nicht verwendet (Typus c und f). Der

als normal erkannte Zustand (d) von zwölf Rippen mit fünf Lendenwirbeln tritt in neunzig Prozent auf, in zwei Prozent fanden sich mit zwölf Rippen vier Lendenwirbel gepaart (e), die Zahl praesacraler Wirbel ist dabei auf 23 zurückgegangen. Dieses selbe Ziel ist im Typus (g) erreicht, wo sich elf Thoracalwirbel mit fünf Lendenwirbeln kombinieren. Das Auftreten von 23 praesacralen Wirbeln bei Zürchern in sechs Prozent darf ein ziemlich häufiges genannt

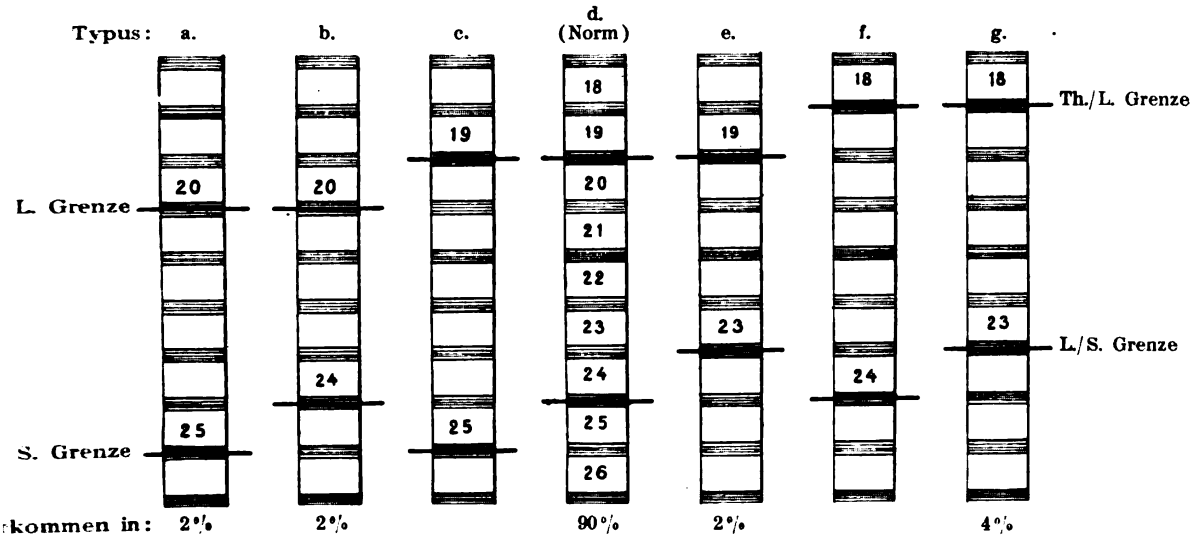


Fig. 15. Schematische Darstellung der Verschiebung von Thoraco-lumbal- und Lumbo-sacral-Grenze. Sämtliche Formen stammen von Zürcher Leichen. Ausser den Typen c und f sind alles Zustände, die bei unserm wahllos entnommenen Material vorkamen; die beigefügten Ziffern geben die Häufigkeit ihres Auftretens unter 49 Wirbelsäulen an.

werden gegenüber den Befunden bei andern Rassen (s. Tab. 21); ob der hohe Prozentsatz teilweise dem kleinen Material zuzuschreiben ist, müssen weitere Erhebungen feststellen. Eine Vermehrung der praesacralen Segmente fand sich dagegen seltener bei unsern Zürchern, nämlich in zwei Prozent; dreizehn Rippen vergesellschaften sich hier mit fünf Lendenwirbeln. Dieser primitive Zustand mit dreizehn Rippen (a), der vorher genannte progressive mit elf Rippen (g) wiesen wie der Normalzustand (d) die als Regel erkannte Zahl von fünf Lendenwirbeln auf, nur mit dem Unterschied, dass sich die gleichnamigen Lendenwirbel um ein bezw. zwei Segmente kranialwärts verschoben haben. Bei den andern, als abnorm zu bezeichnenden Typen ist die Lendenwirbelzahl vermehrt bei verminderter oder normaler Rippenzahl (f und c), oder sie ist vermindert bei normaler oder vermehrter Rippenzahl (e und b). Mit andern Worten: Die

Verschiebung der Lumbosacral- sowie der Thoracolumbalgrenze kann bald an der einen, bald an der andern Übergangsregion zuerst einsetzen; der Sacralisationsprozess und die Rippenreduktion, beides Teilerscheinungen der an Wirbelsäule und Brustkorb sich abspielenden Vorgänge, brauchen nicht gleichzeitig fortzuschreiten.

Die auf Fig. 15 dargestellten Typen stellen nur einige Zustände dar in der grossen Reihe phylogenetischen Geschehens; jeder einzelne Befund lässt sich aber unschwer einordnen als Bindeglied in der langen

Tabelle 21.

Häufigkeit der Vermehrung oder Verminderung der Zahl praesacraler Wirbel bei verschiedenen Rassen.

Autor	Material	Anzahl praesacraler Wirbel		Zahl der Fälle
		25	23	
Hasebe 1912	Japaner	7,2 %	2,7 %	181
Fischel 1906	Tschechen	6,2 %	2,6 %	524
Adolphi 1905	Russen	4,8 %	3,6 %	83
Rabl (n. Hasebe)	Tschechen	3,9 %	4,7 %	640
Frey	Zürcher	2 %	6 %	49

Kette der Umformungserscheinungen, die zwischen dem Ausgangs- und Endpunkt des Prozesses liegen.

Der Umstand, dass der Umformungsprozess nicht an allen Übergangsregionen gleichzeitig sich vollzieht, hat Fischel (1906, 555) mitveranlasst, sich gegen die Rosenberg'sche Theorie auszusprechen. Fischel nimmt Anstand daran, dass ein regressiver Zustand (dreizehn Thoracal-Wirbel), mit einem progressiven (vier Lendenwirbel) gepaart, am selben Individuum auftrete. Wohl sind vier Lendenwirbel, für sich betrachtet, eine als progressiv anzusprechende Lendenwirbelsäule, dabei setzen wir aber voraus, dass sie mit zwölf Thoracalwirbeln kombiniert sei als dem am häufigst anzutreffenden Zustand. Die Zahl vier macht aber den Atavismus allein nicht aus. In der gegebenen Zusammenstellung, dreizehn Thoracalwirbel und vier Lendenwirbel, wir gehen doch vom Ganzen aus, ist nur ein regressiver Zustand zu erkennen, indem die dreizehnte Rippe durch ihre Zähigkeit im Auftreten die Verschiebung der Thoracolumbalgrenze hinausgeschoben hat, während die Lumbosacralgrenze den normalen Weg der phylogenetischen Entwicklung gegangen ist. Ähnlich liegt der Fall bei

vier Lenden- und sechs Kreuzbeinwirbeln: die Assimilation des 24. Wirbels mit dem Kreuzbein ist vorzeitig erfolgt, bevor einerseits der dreissigste Wirbel sich aus dessen Verband gelöst und anderseits die zwölfte Rippe durch ihr Verschwinden proximal den Zuwachs um einen Lendenwirbel erzeugt hätte.

Es wurde früher darauf hingewiesen, dass Brustkörbe progressiven Charakters und solche mit regressiven Merkmalen keine nennenswerten Verschiedenheiten in ihrer äussern Form bekunden. Das ist um so auffälliger, wenn wir unsere beiden extremsten Brustkörbe miteinander vergleichen. Beide stammen von kräftigen Männern von 66 und 65 Jahren mit Rumpflängen von 55 bezw. 58 cm, deren Wirbelsäulen ebenfalls nahezu gleich lang waren: Thoracal-und Lumbalregion 400 und 410 mm (ohne Zwischenwirbelscheiben). Der eine Thorax besass dreizehn Rippen (acht sternale) und fünf Lendenwirbel, der andere elf Rippen (sechs sternale) und fünf Lendenwirbel. Trotzdem die Zahl praesacraler Wirbel um zwei Segmente differiert (25 und 23), ist die Länge des thoracalen Abschnittes der Wirbelsäule bei beiden nahezu gleich lang, ja diejenige des progressiven Brustkorbes mit elf Rippen um ein Weniges länger als bei dem mit dreizehn Rippen. Zur speziellen Untersuchung wurden die beiden Wirbelsäulen samt Becken und Brustkorb intakt gelassen; die Zwischenwirbelscheiben mussten unberücksichtigt bleiben, da sie inzwischen eingetrocknet waren; immerhin mag beigefügt werden, dass die Summe derselben, durch Abzug von der totalen Länge dieses Abschnittes ermittelt, bei beiden Wirbelsäulen je dreissig Millimeter betrug. Die Höhen der einzelnen Wirbel wurden nun vermittelst Gleichzirkel (Martin 1914, 111) am vorderen Rand der Wirbelkörper gemessen und ihre Summen addiert. Es ergaben sich für die

Wirbelsäule mit:	25 praesacr. W.	23 praesacr. W.
1) Thoracalregion (13 bezw. 11 Segmente)	251 mm	263 mm
2) Lumbalregion (je 5 Segmente)	149 mm	147 mm
3) Thoraca-lumbaler Teil der freien Wirbelsäule:	400 mm	410 mm

Um den allerdings geringen Unterschied in der Länge beider Wirbelsäulen auszuschalten, drücken wir die Längen der einzelnen Regionen in Prozenten zum thoraco-lumbalen Teil der Wirbelsäule aus; dabei fällt auf die

Wirbelsäule mit:	25 praesacr. W.	23 praesacr. W.
thoracaler Teil	63 %	64,2 %
lumbaler Teil	37 %	35,8 %

Fig. 16 bringt die Verhältnisse anschaulich zur Darstellung; die Höhen der einzelnen Wirbel (unter Weglassung der Halsregion) sind genau eingetragen in Prozenten der Entfernung: Cervico-thoracal- und Lumbo-sacral-Grenze. Auch hier mussten die Zwischenwirbelscheiben ausgeschaltet werden, die totale Höhe besteht nur aus der Summe der vordern Vertikaldurchmesser der einzelnen Wirbel.

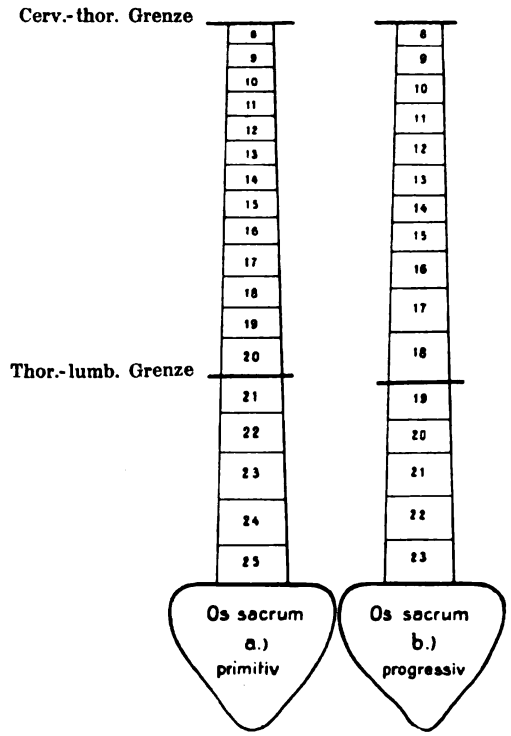


Fig. 16. Schematische Darstellung einer compensatorischen Zunahme der Höhe der Wirbelkörper bei Abnahme der Zahl praesacraler Wirbel.

a) Thoraco-lumbaler Teil einer Wirbelsäule mit 25 praesacralen Wirbeln,

b) einer solchen mit 23 praesacralen Wirbeln; auf den thoracalen Teil fallen im einen Fall 13, im andern 11 Wirbel, die lumbalen Abschnitte zeigen gleiches Verhältnis.

Die Höhe jedes einzelnen Wirbels entspricht dem vorderen Vertikaldurchmesser desselben, ausgedrückt in % der totalen Länge der Summe aller Wirbelhöhen 8—25 (bezw. 8—23); die Zwischenscheiben wurden ausgeschaltet.

Der Vergleich beider Zustände ergibt nun einwandfrei:

1. Der thoraco-lumbale Teil der Wirbelsäule mit 23 praesacralen Wirbeln zeigt gleiche Länge wie diejenige mit 25.
2. Die beiden Thoracalregionen haben gleiche Ausdehnung, trotzdem die eine aus elf, die andere aus dreizehn Segmenten sich zusammensetzt, die Lumbalregionen verhalten sich gleich. Die einfache Folgerung, die wir daraus ableiten können, wäre:
3. Der Verlust einzelner Segmente der Wirbelsäule wird durch Höhenzunahme der bleibenden kompensiert.

Ich nehme nun durchaus nicht an, dass die Verhältnisse überall derart klar liegen, wie es unser Fall zeigt, weitere Untersuchungen werden solch schwerwiegende Schlussfolgerung bestätigen müssen. Sollte dies aber möglich werden, so dürfen wir nicht mehr von einer sich vollziehenden Verkürzung des Thorax beim Menschen sprechen,

denn die Höhe desselben bleibt sich im ganzen gleich, nur die Beteiligung der Anzahl von Segmenten ist eine verschiedene.

Eine Reihe von Punkten, die wir im Laufe der Untersuchung erwähnt haben, und deren Deutung wir nicht zu geben imstande waren, würde aber, von diesem Gesichtspunkte aus betrachtet, teilweise Klärung finden: einmal das verschiedene Verhalten der Articulationes interchondrales bei Brustkörben mit sechs, sieben oder acht sternalen Rippen (S. 44). Wir ermittelten damals, dass auf eine Brustseite 3 bezw. 2,3 oder 1,5 solcher Verbindungen kämen. Wenn nun bei sechs Sternalrippen, vergesellt in unserm Fall mit 23 praesacralen Wirbeln und total elf Rippen, die Wirbel so ausserordentlich an Höhe zunehmen, so sind die Rippen trotz eigener Breitenzunahme in ihrem Verlaufe erheblich weiter voneinander entfernt als bei Brustkörben, deren Segmente niedriger sind. Umgekehrt ist die Entfernung zwischen den einzelnen Rippen bei geringer Wirbelkörperhöhe eine kleine, obschon in diesen Fällen dieselben graciler gebaut sind. Schon infolge des letzteren Umstandes ist zur Erhöhung der Festigkeit des Brustkorbes eine vermehrte Anzahl von Zwischenknorpelverbindungen eine sinnreiche Verbesserung, durch den verminderten Abstand zwischen den einzelnen Rippen wird sie noch wünschenswerter. Obschon also diese Articulationes interchondrales fast ausschliesslich ein Neuerwerb des menschlichen Brustkorbes sind, und in Erwägung dieser Tatsache eigentlich bei regressiven Thoraxformen weniger häufig anzutreffen sein sollten, so wird es uns nun nicht mehr überraschen, gerade das Gegenteil zu finden: primitive Thoraxformen (mit vermehrter Rippenzahl, niedrigen Segmenten, gracilen Rippen) weisen durchschnittlich grössere Anzahl von Zwischenknorpelverbindungen auf als progressive Brustkörbe (mit verminderter Rippenzahl, hohen Wirbelkörpern und breiten Rippen), bei denen der ursprüngliche Zweck dieser Verbindungen, Vermehrung der Festigkeit der Brustwand, durch die ohnehin kräftigeren Rippen z. T. schon erfüllt wird.

Es ist uns ferner bis dahin unklar geblieben, wieso die äussere Form des Thorax, insbesondere dessen Höhe (S. 80), sich gleich bleibt trotz einer Zu- bezw. Abnahme der totalen Rippenzahl um zwei Segmente. Eine kompensatorisch erfolgende Zunahme der Wirbelkörperhöhe bei Verminderung der Wirbel- bezw. Rippenzahl würde den Ausgleich verständlich machen. Wir haben das Sternum, die vordere Brustwand, vom Umformungsprozess unbeeinflusst gefunden. Wir können uns analog den Verhältnissen der hintern Brustwand genauer ausdrücken: in seiner äussern Form, resp. seiner Länge, zeigt das

Sternum bei den verschiedenen Entwicklungsstufen keine Unterschiede; das Material, das sich an seinem Aufbau beteiligt, kann und wird sich dessenungeachtet aus einer ungleichen Anzahl von Segmenten zusammensetzen, die Untersuchungen von Ruge 1880 haben es schon längst dargetan. Wenn auch nicht im selben Grad wie von der vorderen Brustwand, so dürfen wir nach allem auch für die hintere annehmen, dass ihre Höhe wenig solchen Schwankungen unterworfen ist, die durch verschiedene Entwicklungsstufen der Wirbelsäule in phylogenetischem Sinn bedingt wären. Die grösste Höhe des Thorax, so wurde früher (S. 80) ausgeführt, steht in direkter Korrelation mit der Rumpflänge, allerdings nimmt sie bei kleinen Individuen absolut weniger ab, und relativ ist sie grösser als bei grossen Individuen; dasselbe gilt für die Länge der Wirbelsäule. Hasebe (1912, 272) fand, dass die freie und die ganze Wirbelsäule entsprechend der steigenden Körperhöhe absolut an Länge zunehmen, relativ aber abnehmen. Schwankungen in der Länge der Wirbelsäule sind wohl in der Hauptsache auf den Einfluss der Körpergrösse zurückzuführen, Beeinträchtigung durch Zu- oder Abnahme der Wirbelzahl scheint weniger vorzuliegen.

Aus dem Vergleich unserer beiden extrem gebauten Wirbelsäulen darf wohl auch geschlossen werden, dass die Thoracalregion überhaupt in ihrer Höhenausdehnung besonders konstant ist. Die Abnahme um zwei Segmente hat sich im Bereich dieses Abschnittes durch Höhenzunahme vollständig kompensiert, ja fast überkompensiert, so dass man den Eindruck gewinnt, wichtige Momente hätten dieselbe gefordert. Wahrscheinlich sind es die selben, die wir für die relative Konstanz der Länge des Sternum, der vordern Brustwand, verantwortlich machten: ein bestimmtes Mindestmass an Volumen ist für die zu bergenden lebenswichtigen Organe Voraussetzung. Bei phylogenetisch tiefer stehenden Entwicklungsstufen hat ein anderer Ausgleich stattgefunden: Ruge (1892 a, S. 210 und 1892 b, S. 166) hat bei Halbaffen und Affen nachgewiesen, dass die hintere Wand der Brusthöhle sich bei höher stehenden Formen verkürzt; er zeigte aber zugleich, dass die dadurch erfolgte Beschränkung des Raumes durch eine entsprechende Umformung der vorderen und seitlichen Wand des Brustkorbes kompensiert werde. Der menschliche Thorax zeigt keine ähnlichen Erscheinungen. Wir konnten vielmehr nachweisen, dass weder die absolute Höhe, noch der Index, gebildet aus Breite und Höhe des Thorax, in Korrelation stehe zu einer phylogenetisch höheren oder tieferen Thoraxform. Die phylogenetische Entwicklung hat die Tendenz zum Weiterschreiten; soll sie aber

zweckmässig bleiben, so wird sie andere Faktoren auch zu Worte kommen lassen, sich ihnen eventuell unterordnen. Ob durch die weitere Verminderung der Rippenzahl, bezw. der Thoraxsegmente beim Genus Homo eine Vereinfachung des Baues angestrebt wird oder welches auch der Zweck dieser Umformung sei, eine Verkürzung des Brustkorbes tritt nicht ein und darf wohl nicht eintreten.

Von diesem Standpunkte aus können wir im Laufe der phylogenetischen Entwicklung des Brustkorbes eine Grenze ziehen, wo diese einen andern Charakter anzunehmen gezwungen ist. Haben sich einmal Wirbelsäule und Thorax des Menschen in ihrer Form herausgebildet, so äussert sich die Weiterentwicklung des Brustkorbes mehr in einer inneren Umformung desselben. Die vielen Merkmale, welche wir als Zeugen dieses letztern Prozesses anzusprechen im Falle waren, erscheinen denn auch vornehmlich morphologisch bedeutsam, während diejenigen Merkmale, die auf phylogenetisch früher erfolgte Umformungsprozesse sich zurückführen lassen, sich in äussern, vielfach Formveränderungen der betreffenden Organe bekunden, wie sie z. B. in der Verschiebung der Pleuragrenzen, der verschiedenen Lage des Herzens, in abgesprengten Teilen des Zwerchfells gegeben sind.—

Wenn ich hier die Länge der Thoracalregion im allgemeinen für ziemlich konstant betrachte, so müssen weitere Untersuchungen die Behauptung unterstützen. Einstweilen mögen einige Angaben anderer Autoren beigefügt werden: Rosenberg (1899, 61 ff.) machte zuerst darauf aufmerksam, dass mit dem Umformungsprozess an der Wirbelsäule nicht eine absolute Verkürzung des Rumpfteils der Wirbelsäule und damit des Rumpfes eintreten müsse. Er gibt vielmehr der Vermutung Raum, „dass die Verringerung der Zahl der praesacralen Wirbel sich verknüpfen könne mit einer Vergrösserung des Höhendurchmessers des Körpers derjenigen Wirbel, die auf einer phylogenetisch weitern Entwicklungsstufe im praesacralen Abschnitt der Wirbelsäule der betreffenden Form gefunden werden". Rosenberg führt vergleichsweise auch einige Fälle an, bei denen es sich zeigte, dass bei 24 praesacralen Wirbeln die Summe der Höhen der Wirbelkörper 17 bis 25 (bezw. 17 bis 22) durchschnittlich grösser (bezw. merklich grösser) sei als bei primitiven Formen mit 25 oder 26 praesacralen Wirbeln. Er fand, dass die Andeutungen an eine relative Vergrösserung der Wirbelkörper besonders in den zum Teil der Dorsalregion angehörigen Wirbeln zum Ausdruck komme. Vielleicht hätte sich, wenn auch die proximal vom siebzehnten gelegenen Wirbel dem Vergleich unterzogen worden wären, für die Thoracalregion über-

haupt ergeben, dass ihre Segmente mit der höhern phylogenetischen Entwicklung an Höhe zunehmen.

Taguchi (nach Hasebe 1912, 339) hat für die Japaner festgestellt: die Summe der vorderen Höhen der dreizehn Brustwirbel sei annähernd gleich lang wie dieselbe der normalen zwölf Brustwirbel; er fand die Höhe des thoracalen Teiles der Wirbelsäule:

	Indiv.	♂		♀
bei den normalen	(30)	22,2 cm	(10)	21,2 cm
bei den dreizehnwirbeligen	(3)	22,2 cm	(1)	21,7 cm

Also zweifellos eine kompensatorische Verlängerung der einzelnen Segmente bei Abnahme ihrer Zahl.

Hasebe (1912, 340) bestreitet das Vorhandensein einer derartigen Kompensation, er findet stets diejenigen Abschnitte der freien Wirbelsäule, welche überzählige Wirbel enthalten, absolut und relativ länger als solche normaler Wirbelsäulen. Bemerkenswert ist jedoch, wie man den durch ihn ermittelten Massen entnehmen kann, dass die Länge der Brustregion eine deutliche Konstanz aufweist. Er fand

a) bei 24 praesacralen Wirbeln (dreizehn thoracalen, vier lumbalen) den Brustteil beträchtlich grösser als normal, den Lendenteil dagegen kleiner;

b) bei 23 praesacralen Wirbeln (zwölf thoracalen, vier lumbalen) den Brustteil von normaler Länge, den Lendenteil verkürzt.

Wenn wir aber bei den unter a angeführten Fällen annehmen dürfen, dass die dreizehnte Rippe, stark reduziert, ihre Anwesenheit nur der Zähigkeit verdankt, mit der dem Untergang geweihte Organteile ihre Stellung behaupten, so hat sie auch ihre Funktionen eingebüsst und darf bei der Berechnung der Thoraxhöhe ausgeschaltet werden; dies um so eher, als der vergesellte Bestand von vier lumbalen Wirbeln auf eine Verzögerung in der Verschiebung der Thoracolumbal-Grenze hindeutet. Wenn wir in dieser Erwägung die Masse der 20. Wirbel der Lumbalwirbelsäule zuteilen, so unterscheiden sich die Brustabschnitte dieser Wirbelsäulen durchaus nicht von denen normaler:

Summe der vorderen Höhen der 8. bis 19. Wirbel
(bei 13 thor. und 4 lumb. Wirbeln) im Mittel = 234,4 mm
Summe der vorderen Höhen der 8. bis 19. Wirbel
(bei 12 thor. und 5 lumb. Wirbeln) im Mittel = 233,3 mm

Die Lendenabschnitte sind bei dieser Orientierung unter sich ebenfalls gleich:

Summe der vorderen Höhen der 20. bis 24. Wirbel
(bei 13 thor. und 4 lumb. Wirbeln) im Mittel = 132,1 mm

Summe der vorderen Höhen der 20. bis 24. Wirbel
(bei 12 thor. und 5 lumb. Wirbeln) im Mittel = 132,1 mm

Die Übereinstimmung in der Länge der einzelnen Wirbelsäulenabschnitte bei dieser Festsetzung der Thoraco-lumbal-Grenze ist zu auffallend, als dass wir wegen eines Rudiments einer dreizehnten Rippe die untere Thoraxgrenze sklavisch mit ihr verknüpfen wollten, um so mehr als wir nicht wissen, ob in diesem Fall das Kaudalende der vertebralen Grenzlinie der Pleura-Säcke mit der dreizehnten Rippe zusammenfällt.

Ruge (1910, S. 2 und 20) zeigte uns, dass die kaudalen Enden der sternalen und vertebralen Grenzlinie der Pleuren dem grössten Wechsel unterworfen sind, dass (S. 30) Störungen vorliegen „in der Wechselbeziehung zwischen Verminderung praesacraler Wirbel und Verlagerung der Pleura-Säcke in kranialer Richtung". Die Ursache dieser Unbeständigkeit sieht er in der Wechselwirkung verschiedener Faktoren, die aber alle beherrscht sind von der Forderung auf die Schaffung eines bestimmten Volumens an Raum. „Verschieben sich die Pleura-Säcke vor der Wirbelsäule in kranialer Richtung unter dem Einfluss der metameren Rumpfverkürzung, ohne dass eine ergänzende Verlängerung der einzelnen Wirbel stattfindet, so muss der Thorax durch Zunahme an Umfang für die Lungen anderweitig Raum schaffen. Bleibt eine derartige Umformung am Thorax aus, trotzdem praesacrale Wirbel ausgeschaltet werden, so werden die Pleura-Säcke sich nicht kranialwärts verschieben können, und damit ist die Kongruenz der Wechselbeziehungen gestört."

So wie für die Pleura-Säcke gewisse Freiheiten zuerkannt werden müssen, die ein Abweichen von der gegebenen Richtung verständlich machen, so dürfen wir die Höhe des Brustkorbes überhaupt nur bis zu einem gewissen Grad in der phylogenetischen Entwicklungsreihe mit dem Umformungsprozess in Korrelation befindlich erwarten.

Zusammenfassung.

Überblickt man die Reihe der Merkmale, welche den Umformungsprozess des menschlichen Thorax kennzeichnen, so fällt das grosse Abhängigkeitsverhältnis auf, das zwischen ihnen besteht: Jede Veränderung ist bedingt durch eine andere, und sie selbst fordert wieder zur Umformung auf. Eine eng gegliederte Kette von Erscheinungen charakterisiert den ganzen Vorgang, das ursächliche Moment für dieselben ist die phylogenetische Entwicklung, die aus ihr resultierenden Einzelerscheinungen liegen meist in der direkten

Entwicklungsreihe der Vorgänge bei den Affen, zum Teil werden sie modifiziert durch neu sich einstellende Forderungen.

Unsere Darstellung ist lange nicht erschöpfend, wichtige Merkmale blieben unberücksichtigt, andere bedürfen noch ausgedehnterer Untersuchung, um abschliessend urteilen zu können; es soll vorerst nur eine Anregung sein, den Umformungsprozess bei Angehörigen verschiedener Rassen zu verfolgen; im weitern soll damit ein Ausschnitt gegeben werden aus dem grossen Gebiet des ganzen Umformungsprozesses, der sich durch die Tierreiche an Wirbelsäule und Brustkorb verfolgen lässt, und wie er im Speziellen am menschlichen Brustkorb sich äussert. Eventuelle Beziehungen verschiedener Phasen desselben zur Lage des Herzens, zur Ausdehnung der Pleura-Säcke zu ermitteln, wäre eine weitere Aufgabe, die zu lösen uns hier versagt ist. Der Einfluss auf das Muskelsystem wurde nicht erschöpfend behandelt. So sind Lage und Grösse des Trigonum lumbale (Petiti) teilweise abhängig von der Ausdehnung des M. obliquus abdominis externus nach hinten, und diese wiederum kann sehr verschieden sein infolge ungleicher Länge der letzten Rippen. Ruge (1908, 207) hat auf die Variabilität der Ausbildung des M. serratus post. inf. hingewiesen, die auf derselben Ursache beruht.

Neben diesen mögen vielleicht noch andere Merkmale anzuführen sein, welche als Momente des Umformungsprozesses in die Erscheinung treten. Aber schon unsere auf bestimmte Punkte beschränkte Untersuchung zeigt, dass jeder Zustand nur eine Etappe ist in dem sich langsam vollziehenden Vorgang phylogenetischer Entwicklung, dem sich rücksichtslos unterordnen muss, was in seiner Bahn liegt. Ausgangspunkt ist die Verkürzung der Wirbelsäule, die sich in der Reihe der Halbaffen (Ruge 1892) in ausgedehntem Masse geltend macht, sich fortsetzt durch die ganze Primatenreihe, beim Menschen den Abschluss noch nicht erreicht hat, oder ihn, wie wir anzunehmen geneigt sind, durch eine neue Umformung zu nehmen sucht. Die Verschiebung der lumbo-sacralen Grenze anlässlich des Sacralisationsprozesses ruft eine Verschiebung der thoraco-lumbalen durch eine allmähliche Reduktion der letzten Rippe (13. bezw. 12.) bis zum völligen Schwund derselben hervor. Unendlich viele Stadien liegen zwischen beiden Extremen, dem Zustand mit einer wohlausgebildeten dreizehnten und dem mit nur elf Rippen. Verschiedene Länge der auf dem Aussterbeetat stehenden letzten Rippe, ungleiche Ausbildung ihrer Teile charakterisieren ihren labilen Charakter. Mit der segmentalen Verkürzung der hintern Thoraxwand geht eine Umformung der seitlichen, teilweise auch der vorderen Wandung einher, so dass

der ganze untere Rand des Brustkorbes in einer unendlich langsamen, aber nicht zu verkennenden Bewegung begriffen sich darstellt. Die Schnelligkeit, mit der sich dieser Vorgang vollzieht, nimmt vom dorso-kaudalen Abschnitt des untern Thoraxrandes gegen den ventro-kranialen hin ab, um, am Sternum angelangt, einen scheinbar unüberwindlichen Widerstand zu finden, der wohl durch die Nachbarschaft von Herz und Lungen einerseits, der Leber anderseits bedingt ist. Die Zusammensetzung des Rippenbogens, der mit der letzten Rippe den Thorax nach unten begrenzt, zeigt die Phase an, in der sich das betreffende Objekt gegenüber dem ganzen Umformungsprozess befindet. Die vorderen Rippenendpunkte der achten (bezw. siebenten) bis dreizehnten Rippe unterliegen einer allmählichen Verschiebung durch Verkürzung der einzelnen Rippen. Die zurückhaltende Tendenz, die sich bei diesem Rückbildungsprozess gegen die vordere Wand des Brustkorbes hin geltend macht, ist besonders deutlich auf der rechten Seite, so dass wir diese als die konservativere der progressiven linken Seite gegenüberstellen konnten. So treffen wir, wenn beidseitig nicht gleiche Zustände vorliegen, links weniger sternale Rippen als rechts. Ferner sind die ventralen Enden der Rippen links häufiger weiter dorsal gelegen, und die Loslösung bestimmter Rippen aus dem engern Verband des Rippenbogens setzt links früher ein als rechts.

Die verschiedenen Merkmale stehen als Teilerscheinungen eines grossen Prozesses in vielfacher korrelativer Beziehung einander gegenüber, aber wie auf beiden Seiten an gewissen Stellen der dem Prozess entgegentretende Widerstand ein verschiedener sein kann und dadurch ungleiche Phasen der Entwicklung erzeugt werden, so zeichnen sich bestimmte Gebiete selbst durch lebhaftere Teilnahme an derselben aus. Eine grössere Variationsbreite ist das äussere Kennzeichen solcher Erscheinungen. Wir finden es in der sehr variablen Länge der zwölften Rippe, in der verschiedenen Beteiligung der zehnten am Rippenbogen, während sich umgekehrt die elfte Rippe durch konstanteren Charakter als momentan weniger beteiligt kennzeichnet. Einmal ist ihre Beziehung zum Rippenbogen gleichartig: sie hat als freie Rippe durchweg ihre mittelbare Verbindung mit dem Sternum eingebüsst, während die zehnte noch mitten in diesem Kampfe steht; ferner ist sie weniger variabel als die zwölfte, da letztere um die Behauptung ihrer Existenz kämpft.

Als unmittelbare Folgen der Rippenrückbildungen finden sich gelegentlich Inscriptiones tendineae im schiefen, inneren Bauchmuskel in der Richtung der direkten Fortsetzung der zehnten

bezw. elften (oder zwölften) Rippe gelegen; zuweilen enthalten sie Knorpeleinlagen. Diese Überbleibsel früher längerer Rippen treten auf der konservativen rechten Seite doppelt so häufig auf als links; hat der betreffende Brustkorb einen progressiven Charakter, so stammen diese Gebilde von der zehnten, sonst vorzugsweise von der elften Rippe.

Mit der Verkürzung und dem schliesslichen Schwund der kaudalen Rippen verliert der Latissimus dorsi einen festen Ansatzpunkt, eine Verminderung der Kostalursprünge ist die Folge. Den Zusammenhang mit der zwölften Rippe hat der Muskel in 39% der Fälle aufgegeben, meist entspringt die letzte Zacke an der elften, in wenigen Fällen sogar an der zehnten und neunten Rippe; das Verhältnis scheint bei den Zürchern ein konstantes zu sein. Ob sich mit dem Verlust kaudaler Zacken kompensatorisch an höhern Rippen neue Ursprungszacken ausbilden, bleibt eine offene Frage.

Das Ursprungsgebiet des M. rectus abdominis erleidet mit der Umformung der vorderen Thoraxwand eine Einbusse an Platz. Um das nötige Minimum an Ursprungsfläche zu gewinnen, kann bei stark reduzierten, also progressiven Brustkörben der für den Muskel primitive Zustand mit Ursprung von der vierten Rippe gepaart sein, während umgekehrt auf der konservativen rechten Seite der Muskel der ihm innewohnenden Tendenz eher Genüge leisten kann und die erste Ursprungszacke auf die sechste Rippe verlegt, ein für ihn progressiven Zustand. Eine innere Beziehung zwischen Thoraxrückbildung und Auftreten der Zwischensehnen des Rectus abdominis konnte nicht festgestellt werden.

Mit der Umformung des Thorax verändern sich auch die Verhältnisse für die ventralen Ursprungszacken des Zwerchfells. Es können abgesprengte Zacken, ihres skeletogenen Ursprungs verlustig geworden, in die vordere Bauchwand ausstrahlen, oft bis einige Zentimeter kaudal vom Proc. xiphoides; sie sind anzusprecheu als Zeugen der in der Phylogenie sich vollziehenden Verkürzung der vorderen Thoraxwand und finden sich deshalb nicht nur regelmässig bei progressiven Thoraxformen, sondern auch sehr häufig (56%) bei primitiven Zuständen. Eine Folge der sich dann beim Menschen einstellenden Umformung des Thorax ist die weitere Tatsache, dass diese abgesprengten Muskelzacken, je nach dem phylogenetischen Stand des betreffenden Brustkorbes, tieferen oder höheren Segmenten angehören, von der neunten bis zur sechsten Rippe abgespalten sein können, ohne dass damit eine Verschiedenheit im absoluten Höhenstand des Zwerchfells verbunden wäre.

Unbeeinflusst vom Umformungsprozess bleibt das Brustbein. Ob ein Brustkorb primitiven oder progressiven Charakter aufweist, die Länge des Sternums zeigt nach keiner Seite hin eine Veränderung. Da ferner seine Länge selbst bei beträchtlicher Verschiedenheit der Rumpflänge kaum vom Mittel abweicht, ist zu vermuten, dass seine Nachbarbeziehungen zu Herz und Lungen es zu konstantem Verhalten veranlassen.

Geringe Rumpflänge vergesellt sich also mit relativ sehr langem Sternum, nach unserer Untersuchung durchschnittlich auch mit einer grössern Anzahl fluktuierender Rippen. Ob der letztere Umstand eine kompensatorische Wirkung gegenüber dem ersteren, zwecks vermehrter Beweglichkeit, ausüben soll, ist möglich, aber noch nicht erwiesen.

Ebenso wie die Höhe der vorderen Brustwand (Sternum) verschiedenen phylogenetischen Entwicklungsstufen gegenüber sich indifferent zeigt, ebenso bleiben die absolute Höhe des Brustkorbes sowie der Breiten-Höhen-Index desselben unverändert, ja auch die absolute Höhe der Thoracalregion scheint durchaus konstant zu sein. Diese Tatsache findet vielleicht ihre Erklärung beim Vergleich unserer beiden extremsten Befunde: Der thoracale Abschnitt einer Wirbelsäule mit dreizehn und derjenige einer solchen mit elf Brustwirbeln haben gleiche Länge, die Verminderung der Zahl der Segmente hat somit eine kompensatorische Vergrösserung der Höhe der einzelnen Wirbel zur Folge. Dass diese Kompensation immer oder in ähnlicher Deutlichkeit zutage tritt, ist wohl ausgeschlossen; aber auch weniger stark ausgeprägt würde das Inkrafttreten einer kompensatorischen Zunahme der Wirbelhöhen die erwähnte auffallende Indifferenz, die bei allen Brustkörben zwischen äusserer Thoraxform einerseits, verschiedenen phylogenetischen Entwicklungsstufen anderseits bestand, verständlich machen. Während in der Reihe der Primaten mit der Segmentverminderung eine Verkürzung von Wirbelsäule und Thorax verknüpft ist, die durch Breiten-Zunahme des Thorax kompensiert wird, muss beim Menschen ein anderes Moment den Verlust an Volumen ersetzen, der durch weitere Einbusse von Segmenten eintreten würde, und dieses Moment scheint in der Höhenzunahme der einzelnen Wirbel zu liegen. Demgemäss dürfen wir beim menschlichen Brustkorb, vielleicht überhaupt bei der menschlichen Wirbelsäule, nicht von einer Verkürzung, sondern besser von einer Umformung sprechen, die allerdings aus einem Verkürzungsprozess niederer Formen hervorgegangen ist. Die einzelnen Merkmale, die den Vorgang charakterisieren, erscheinen hauptsächlich

morphologisch bedeutsam, funktionell haben sie kaum Geltung, da praktische Forderungen phylogenetisch höhere Stufen in besondere Bahnen lenken.

Praktische Forderungen, das Streben nach vermehrter Festigkeit des Brustkorbes, sind es wohl auch gewesen, welche dem menschlichen Thorax eine Einrichtung verliehen haben, die wenigen Affen, und denen nur vereinzelt zukommt: es sind die Articulationes interchondrales. Auf einer Seite können sie in der Ein- bis Vierzahl auftreten. Zwischen sechster und siebenter, sowie zwischen siebenter und achter Rippe kommen sie fast regelmässig vor, rechts bei den kranialen, links bei den kaudalen Segmenten etwas häufiger. Primitive Thoraxformen, so solche mit acht Sternalrippen, tragen durchschnittlich doppelt so viel Zwischenknorpelverbindungen als progressive Brustkörbe mit sechs sternalen Rippen; eine Abnahme ihrer Zahl mit der Abnahme der zum Sternum tretenden Rippen ist sichergestellt. Wie ihr Auftreten in der phylogenetischen Reihe durch besondere Umstände gefordert war, so treten sie seltener in Erscheinung, sobald sie entbehrlicher werden. Mit der Höhenzunahme der einzelnen Wirbel werden auch die dazu gehörigen Rippen kräftiger, verlaufen in grösseren Abständen voneinander, die Notwendigkeit ihrer Ausbildung verringert sich.

Wir sehen im Ganzen wie im Speziellen ein Fortschreiten in der Entwicklung, nirgends ein Stillstand in dem in gleichsam flüssigem Zustand befindlichen Gebiet. In frühester Embryonalzeit legen sich die differenten Zustände an und charakterisieren dort schon den bedeutsamen Prozess. Unzählige Momente verketten sich in ihm, um in ihrer Wechselwirkung zur Fragestellung aufzufordern; diese endgültig zu beantworten, wird weitere, andauernde Untersuchung erheischen.

Benutzte Literatur.

Adolphi, H. 1905. Über die Variationen des Brustkorbes und der Wirbelsäule. Morph. Jahrb., Bd. 33, Heft 1, p. 39. 1905.

— 1912. Über die Cervicothoracalgrenze der menschlichen Wirbelsäule. Morph. Jahrb., Bd. 44, Heft 3, p. 519—534.

— 1915. Über die Wirbelsäule und den Brustkorb zweier Finnen. Morph. Jahrb., Bd. 49, Heft 2, p. 221—228.

Bardeen, Ch. R. 1900. Costo-vertebral variation in man. Anat. Anz., Bd. 18, 1900, p. 377—382.

— 1904. Numerical vertebral Variation in the human adult and embryo. Anat. Anz., Bd. 25, 1904, p. 497—517.

v. Bardeleben, K. 1885. Über die anatom. Verhältnisse der vordern Brustwand und die Lage des Herzens. Jenaische Zeitschr., 19. Bd., Suppl. p. 104.

— 1898. Über Verbindungen zwischen dem 5. und 6., sowie zwischen dem 6. und 7. Rippenknorpel. Anat. Anz., Bd. 15, Heft 2/3, p. 33. 1898.

— 1916. „Ergebnisse" XXII. Anat. Hefte II. Abt. 1916. Referat über: Valenti, Guilio 1913. „Sulla origine delle coste nel Gongilus ocellatus." Accad. Sc. d. Instit. di Bologna. Cl. di Sc. fis. Scez di Med. e Chir. Ser. 6, T. 10. 1912—13, p. 193—204.

Chudzinski, M. 1880. Sur l'intersection du petit oblique de l'abdomen. Bull. de la Soc. d'Anthrop. de Paris, Bd. III, p. 440.

Disse, J. 1896. Wirbelsäule, Thorax. v. Bardelebens Handbuch der Anatomie. 1. Lieferung. Skelettlehre. Abt. I. Jena 1896.

Eisler, P. 1912. Die Muskeln des Stammes. v. Bardelebens Handbuch der Anatomie. 21. Lieferung. Jena 1912.

Fawcett, Ed. 1898. The Articulation between the 5th and 6th Costal Cartilages in man. Anatom. Anz., Bd. 15, Heft 2/3, p. 30. 1898.

Fick, R. 1904. Anatomie der Gelenke. v. Bardelebens Handbuch der Anatomie; 11. Lieferung. Jena 1904, p. 136.

Fischel, A. 1906. Untersuchungen über die Wirbelsäule und den Brustkorb des Menschen. Anat. Hefte, Bd. 31, Heft 3. 1906.

Frey, H. 1918. Zur Entwicklung der menschlichen Unterzungenbeinmuskeln und der mit ihnen verbundenen Skeletteile (Scapula, Thorax, Kehlkopf). Morph. Jahrb., Bd. 50. Heft 4. 1917.

Gegenbaur, C. 1898. Vergleichende Anatomie der Wirbeltiere. I. Leipzig 1898.

— 1903. Lehrbuch der Anatomie. Leipzig 1903.

Hasebe, K. 1912. Die Wirbelsäule der Japaner. Zeitschrift für Morph. und Anthrop. Bd. 15. Heft 2. p. 259—380.

Henle, J. 1871. Handbuch der Anatomie I. Braunschweig 1871.

Henschen, K. 1914. Die Chirurgie der Brustwand I. Angeborne Missbildungen der Brustwand. Handbuch der praktischen Chirurgie. II. Bd. 4. Aufl.

Keibel und Mall. 1910. Handbuch der Entwicklungsgeschichte des Menschen I. Leipzig 1910, p. 490.

Le Double, A. F. 1897. Traité des variations du système musculaire de l'homme. T. I. Paris 1897.

Loth, E. 1912. Beiträge zur Anthropologie der Negerweichteile (Muskelsystem). Aus: Studien und Forschungen zur Menschen- und Völkerkunde IX. Stuttgart 1912.

Martin, R. 1914. Lehrbuch der Anthropologie. Jena 1914.

Müller, Ch. 1906. Zur Entwicklung des menschlichen Brustkorbes. Morph. Jahrb. Bd. 35. Heft 4, p. 3—108.

Popowsky, J. 1899. Zur Frage der Rippenspaltung. Anat. Anzeiger, Bd. 15, Heft 14/15, p. 284. 1899.

Rauber-Kopsch. 1914. Lehrbuch der Anatomie Bd. II. 10. Auflage. Leipzig 1914.
Rosenberg, E. 1899. Über eine primitive Form der Wirbelsäule des Menschen. Morph. Jahrb. Bd. 27, Heft 1, p. 1—118.
— 1912. Über die Wirbelsäule des Menschen als Objekt wissenschaftlicher Arbeit im Präpariersaal. Verhandl. der anat. Gesellschaft. 26. Versammlung, München. Anat. Anz., Ergänzungsheft zum 41. Bd. 1912.
Ruge, G. 1880. Über die Entwicklungsvorgänge am Brustbeine und an der Sternoclavicularverbindung des Menschen. Morph. Jahrb. Bd. 6, Heft 3, p. 363—412. 1880.
— 1892 a. Der Verkürzungsprozess am Rumpfe von Halbaffen. Morph. Jahrb. Bd. 18, Heft 2, p. 215. 1892.
— 1892 b. Die Grenzlinien der Pleurasäcke und die Lagerung des Herzens bei Primaten, insbesondere bei den Anthropoiden. Morph. Jahrb. Bd. 19, Heft 2, p. 149—251.
— 1892 c. Zeugnis für die metamere Verkürzung des Rumpfes bei Säugetieren. Der M. rectus thoraco-abdominalis der Primaten. Morph. Jahrb. Bd. 19, Heft 3, p. 403. 1892.
— 1908. Präparierübungen I. Leipzig 1908.
— 1910. Grenzen der Pleurasäcke der Affen und des Menschen. Morph. Jahrb. Bd. 41. Hefte 1 und 2, p. 1—109.
Schück, A. 1913. Beiträge zur Myologie der Primaten II. Morph. Jahrb. Bd. 45, Heft 2.
Sieglbaur, F. 1915. Eine an primitive Verhältnisse anklingende Varietät der menschlichen Wirbelsäule. Morph. Jahrb. Bd. 49, Heft 4, p. 537—566.
Tschaussow, M. 1891. Zur Frage über die Sternocostalgelenke und den Respirationstypus. Anat. Anzeiger Bd. VI, Nr. 18. 1891.
Wiedersheim, R. 1908. Der Bau des Menschen als Zeugnis für seine Vergangenheit. Tübingen 1908.

Inhalt.

Seite

Einleitung 34
Totale Rippenzahl 36
Sternale Rippen; Rippenspaltung 40
Articulationes interchondrales 43
Zusammensetzung des Rippenbogens 46
Gesetzmässigkeit der Verteilung. — Ungleiches Verhalten rechts und links. — Zwölfte Rippe.
Fluktuierende Rippen 57
Inscriptiones tendineae im M. obliquus abdominis internus . . . 60
Costaler Ursprung des M. latissimus dorsi 63
M. rectus abdominis: Ursprung und Inscriptiones tendineae . . . 70
Einfluss der Thoraxumformung auf den Ursprung des Zwerchfells . . 73
Äussere Form des Thorax 77
Sternum. — Breite und Höhe des Thorax. — Infrasternalwinkel.
Thoraco-lumbal-Wirbelsäule 82
Typen der praesacralen Wirbelsäule. — Kompensation des Verlustes von Segmenten durch Höhenzunahme derselben. — Konstanz der Thoraxhöhe.
Zusammenfassung 91
Literatur 97

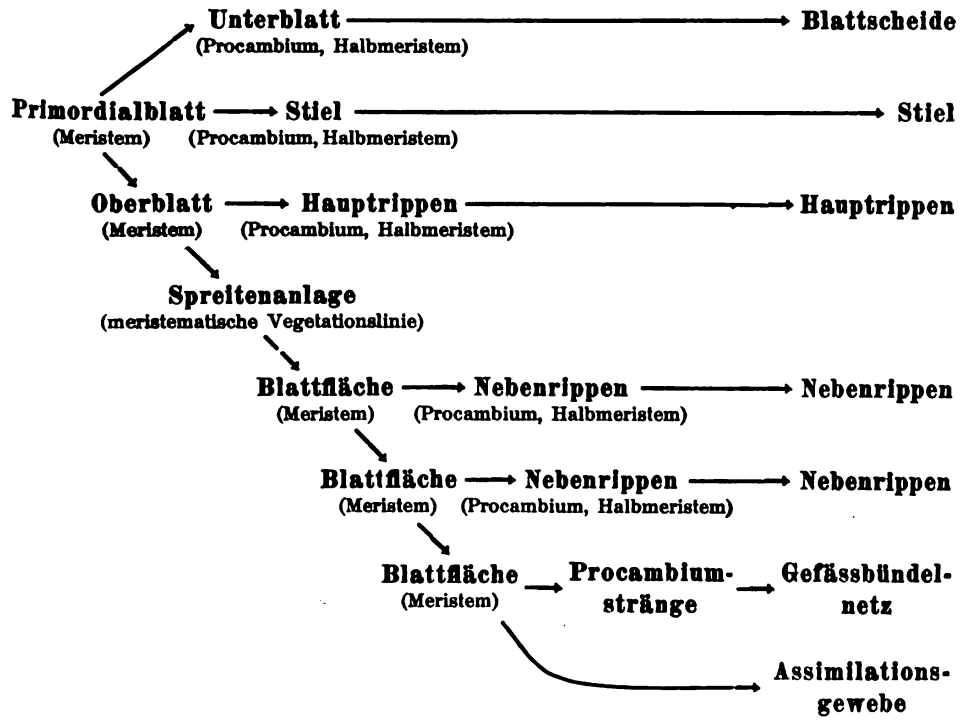
Zur Entwicklungsgeschichte des Blattes von *Acer Pseudoplatanus* L.

Von

Otto Schüepp, Basel.

(Als Manuskript eingegangen am 6. Oktober 1917.)

1. Abstammungsverhältnisse der einzelnen Blatteile.



2. Entstehung und Wachstum der Blattfläche.[1])

Fig. 1 A und B zeigen, wie am dreikantigen Mittelzipfel des jungen Laubblattes das Meristem auf zwei Längsleisten beschränkt wird. Der Querschnitt durch diese „Vegetationslinien“ ähnelt

[1]) Eichler. Zur Entwicklungsgeschichte des Blattes. Diss. Marburg 1861, p. 12. Fig. 6, 7, 35 bis 38.

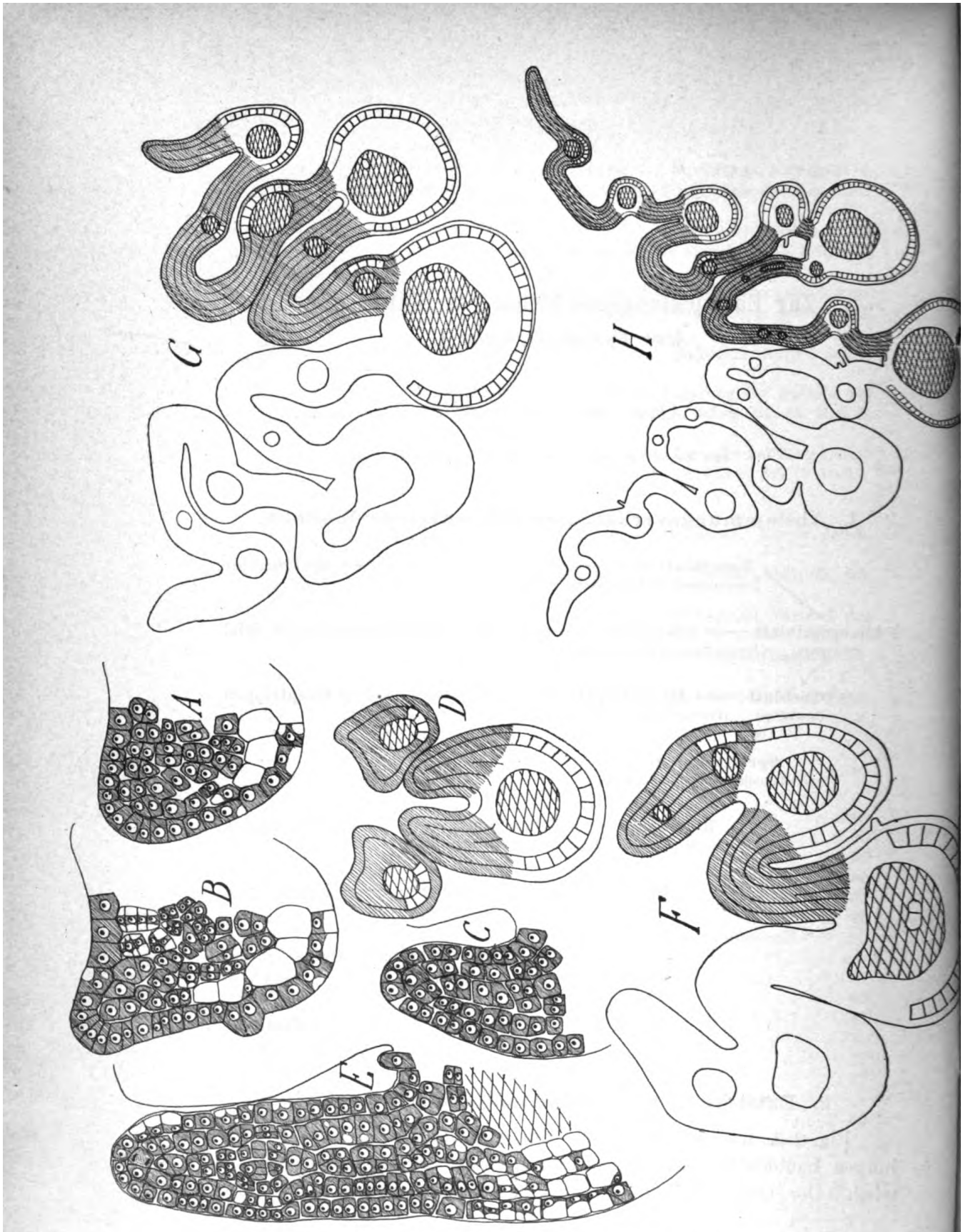


Fig. 1. Querschnitte durch junge Laubblätter von *Acer Pseudoplatanus* L.

A, *B*, *C*, *E* 200 : 1; *D*, *F* 100 : 1; *G* 50 : 1; *H* 25 : 1. Meristem schraffiert, Procambiumstränge kreuzweis schraffiert; in *D*, *F*, *G*, *H* die Schichtung des Meristems und die Hypodermis der Nerven schematisch angedeutet. Figur *C* Ausschnitt aus *D*. Figur *E* gleiches Entwicklungsstadium wie *F*, aber näher der Blattspitze.

UNIV. OF CALIFORNIA

dem Längsschnitt durch einen schwachen Vegetationspunkt; eine geschlossene Dermatogenschicht überwölbt einen ungeordneten Zellhaufen. Während die Vegetationslinie zur Fläche auswächst, ordnen sich die Zellen des Innern zu drei Schichten. Nahe am Blattrand werden von den äussern Schichten Zellen an die Mittelschicht abgegeben (Fig. 1 C E, Fig. 3 B); in grösserer Entfernung vom Blattrand verdoppelt sich die Mittelschicht (Fig. 1 E, Fig. 3 C). Die Zellen der Blattfläche behalten ihren meristematischen Charakter bei bis gegen den Abschluss der ganzen Blattentwicklung; zugleich findet ohne weitere Vermehrung der Schichtenzahl ein sehr ausgiebiges Flächenwachstum statt (Fig. 1 D, F, G, H). Ein Flächenschnitt lässt keine bestimmte Zellanordnung erkennen; das Wachstum innerhalb der Fläche ist nach allen Richtungen ungefähr gleich gross. Ein Flächenschnitt vom Blattrand zeigt die ungeordneten Zellen des Blattinnern, umsäumt von einer Dermatogenschicht, die sich bei der Bildung der Blattzähne faltet. (Fig. 3 A.)

Mit dem meristematischen Zustande eines Zellkomplexes ist eine eigentümliche Wachstumsweise fest verknüpft; die Meristemzellen wachsen und vermehren sich vorwiegend oder fast ausschliesslich in einer Richtung parallel zur Oberfläche des ganzen Organs.[1]) Dass eine derartige Reaktion der Zellen auf ihre Lage das spätere Flächenwachstum des Blattes beherrscht, ist ohne weiteres klar (Fig. 1 D, F, G, H); aber auch die Umbildung der Vegetationslinie zur Fläche kann darauf zurückgeführt werden. Das Oberflächenwachstum „überwiegt" über die Volumenzunahme; die gegenseitige Anpassung von Dermatogen und Kern erfolgt hier durch Ausziehen des Vegetationswalles zu einer Platte. (Fig. 2. Begründung und Beispiel für die Konstruktion siehe in den Berichten der deutsch. bot. Ges. XXXIV, p. 851—855.) Ähnliche Verhältnisse herrschen wohl am Blattrand; der Überschuss an Dermatogen führt hier zur Faltung in der Längsrichtung und damit zur Entstehung der Zähne.

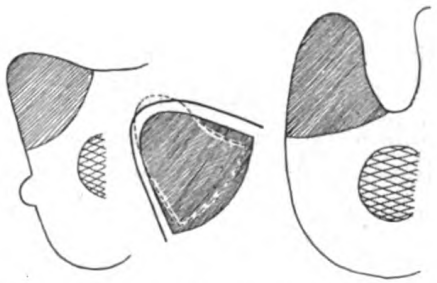


Fig. 2. Schema für die Entstehung der Blattfläche. Siehe Text und Fig. 1 B u. D.

[1]) Schüepp. Berichte d. deutsch. bot. Ges. XXXIV, p. 849.

3. Entstehung und Wachstum der Nervatur.

Wenn sich das Oberblatt in die Anlagen von Blattfläche und Hauptrippen differenziert, fällt den letzteren die Hauptmasse des Gewebes zu (Fig. 1 B). Die peripheren Partien der Rippe zeigen stark vakuolisierte Zellen; die zentralen Partien verwandeln sich durch die Bildung zahlreicher Längswände in einen Procambiumstrang. Doch verändert sich im Mittelnerven nicht nur das mikroskopische Bild, sondern ebensosehr die ganze Wachstumsweise. Das Längenwachstum herrscht vor; Breiten- und Dickenwachstum sind unter sich gleich; der Querschnitt des Nerven nähert sich immer mehr der Kreisform (Fig. 1 B, D, F, G, H).

In der Mittelschicht der Blattfläche entstehen durch bestimmt gerichtete Teilungen Procambiumstränge (Fig. 1 E, 3 A). Sobald sie stärker werden, folgt auf der Blattunterseite die Bildung vakuolisierter Hypodermiszellen (Fig. 3 C). Die Seitennerven erhalten so eine ganz ähnliche Struktur wie der Hauptnerv bei Beginn seiner Differenzierung (Fig. 1 B, 3 C); sie machen auch weiterhin dieselbe Entwicklung durch.

Neue Rippen entstehen fortwährend, solange die Blattfläche meristematisch ist. Je später eine Rippe entsteht, desto kürzer ist ihr Entwicklungsgang und desto geringer die Entwicklungshöhe, welche sie erreicht. Aus den zuletzt entstehenden Procambiumsträngen bildet sich das feine Gefässbündelnetz, das ganz in der Blattfläche versenkt bleibt.

Die charakteristische Knospenlage des Blattes ist in erster Linie durch das entgegengesetzte Verhalten von Blattfläche und Blattrippen bedingt. Jeder Abschnitt der Blattfläche wölbt sich sanft nach oben vor; bei jeder Rippe wird die Fläche nach oben zusammengefaltet. Die Raumverhältnisse in der Knospe führen nur zu geringen Abweichungen von dieser Regel (Fig. 1 H).

4. Gewebestruktur und Formbildung.

Im Vorhergehenden wurden zwei Gewebearten betrachtet, die sich sowohl nach ihrer innern Struktur als auch nach ihren Leistungen bei der Formbildung scharf unterscheiden. Wir erkannten, dass Struktur und Wachstumsweise im engsten Zusammenhange stehen; dies zeigt sich besonders klar bei einer Betrachtung der Symmetrieverhältnisse.[1])

[1]) Sachs: Vorlesungen über Pflanzenphysiologie. Leipzig 1882, p. 584.

Die Blattfläche ist dorsiventral, lässt aber an isolierten nervenfreien Stücken keinen Unterschied von längs und quer erkennen. Das Wachstum ist fast 0 in der Richtung der Dicke, dafür sehr ausgiebig in der Richtung der Fläche.

Die Nerven dagegen verhalten sich genau wie dorsiventrale Sprossachsen; die Dorsiventralität zeigt sich in der Art, wie Nerv und Blattfläche zusammengefügt sind; Struktur und Wachstum lassen vor allem den Gegensatz von längs und quer hervortreten.

Wir dürfen aber auch den allgemeineren Satz aufstellen: Jede Veränderung in der äussern Form eines Pflanzenteils ist eine Funktion seiner sichtbaren und unsichtbaren innern Struktur. Entwicklungsgeschichte und Entwicklungsphysiologie haben die doppelte Aufgabe, einerseits für jeden einzelnen Formbildungsprozess den Zusammenhang zwischen Wachstumsweise und Struktur aufzuklären, anderseits die Umwandlungen der Gewebestruktur und ihre Bedingungen zu studieren.

Linsbauer[1]) hat neuerdings, von ganz ähnlichen Gesichtspunkten ausgehend, seine Einteilung der Meristeme mit den vier Wachstumsphasen von Sachs in Zusammenhang gebracht. Ich kann ihm nur in dem einen Punkte nicht beistimmen, dass im Archimeristem alle Potenzen manifest sein sollen, um bei der Umwandlung in Protomeristem, Denteromeristem und Streckungsgewebe in zunehmendem Grade latent zu werden. Das Archimeristem ist durch seine Struktur und durch die innern Bedingungen, unter denen es steht, nur zu ganz bestimmten Formbildungsprozessen befähigt, alle andern Potenzen werden erst nachträglich manifest infolge einer Umwandlung der Gewebestruktur. Die besondere Bedeutung des Archimeristems beruht darauf, dass es der Ausgangspunkt zu jeder normalen Sprossbildung ist.

5. Laubblätter und Knospenschuppen.

Die ersten beiden Schuppenpaare sind leicht als Umwandlungsprodukte von ziemlich weit entwickelten Laubblattanlagen zu erkennen; im folgenden beschäftige ich mich mit dem dritten bis sechsten Schuppenpaar, die viel stärker und viel früher von den Laubblättern abweichen. Aber auch für diese bestätigt eine genaue Untersuchung die Identität der jüngsten Entwicklungsstadien mit den entsprechenden Stadien der Laubblätter (Medianschnitte Fig. 3 D, E; H, J)[2]). Die zahlreichen kleinen Form- und Grössenunterschiede

[1]) Linsbauer: Biol. Zentralbl. XXXVI (1916), p. 117.
[2]) Göbel: Allg. Organographie, II. Aufl. Jena 1913, p. 313.

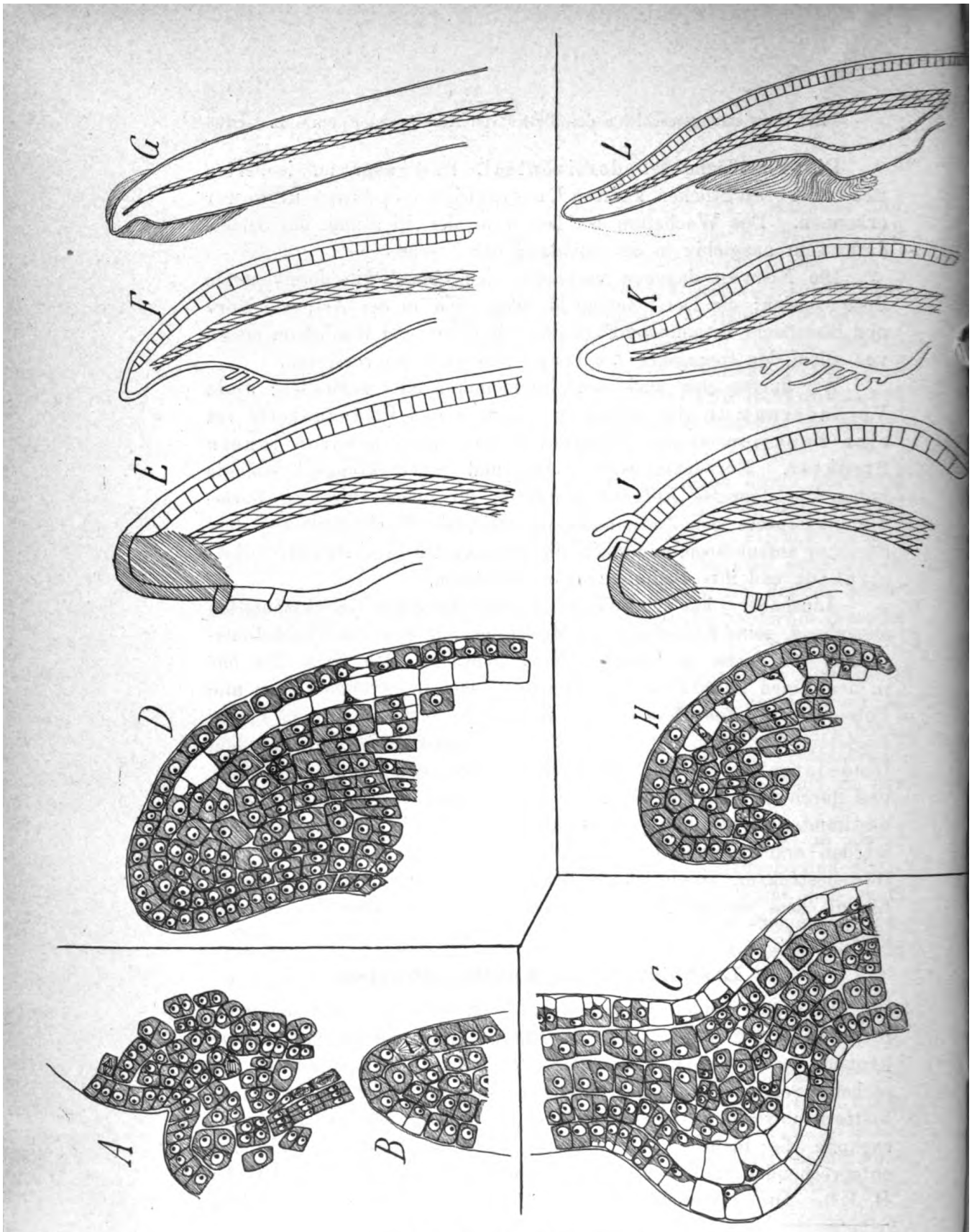


Fig. 3. *Acer Pseudoplatanus* L.

Blattrand. *A* = Flächenschnitt, *B* = Querschnitt 200 : 1. Sekundärer Nerv *C* 200 : 1.
Medianschnitte von Knospenschuppen: *D* 200 : 1, *E* 100 : 1, *F* 50 : 1, *G* 25 : 1.
Medianschnitte von Laubblättern: *H* 200 : 1, *J* 100 : 1, *K* 50 : 1, *L* 25 : 1.

hangen mit der verschieden kräftigen Ausbildung der Organe zusammen. Bei Schuppenanlage und Blattanlage hat der Komplex von Meristemzellen den gleichen Umfang.

Auch bei der Schuppe wird genau wie beim Laubblatt eine Spreite angelegt; doch geht schon auf dem Stadium von Fig. 1 D der meristematische Charakter der Zellen verloren, ebenso bleibt die starke Verdickung des Stieles aus (Fig. 3 F, G; K, L) und damit auch die Abgrenzung von Stiel und Blattgrund.

Die Knospenbildung ist die Folge einer Umwandlung und Verschlechterung der Ernährungsbedingungen. Unter dieser leidet am wenigsten der Sprossvegetationspunkt, stärker schon das Unterblatt (Schuppe) und die Internodien, noch mehr das Oberblatt, am meisten die Achselknospen, bei denen auch die erste Anlage unterdrückt wird.

Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der Stockausschläge.

Von

Otto Schüepp, Basel.

(Als Manuskript eingegangen am 6. Oktober 1917.)

Während die meisten Sprosse unserer Waldbäume ein mehr oder weniger stossweises, von Ruheperioden unterbrochenes Wachstum zeigen, nähern sich die Stockausschläge in hohem Masse dem Typus der ständig fortwachsenden Sprosse. Wir dürfen also für die entwicklungsgeschichtliche Betrachtung voraussetzen, dass von Plastochron zu Plastochron ein innerer Teil einer Knospe gleich dem Ganzen wird und können daraus auf die Veränderung der einzelnen Teile schliessen.[1])

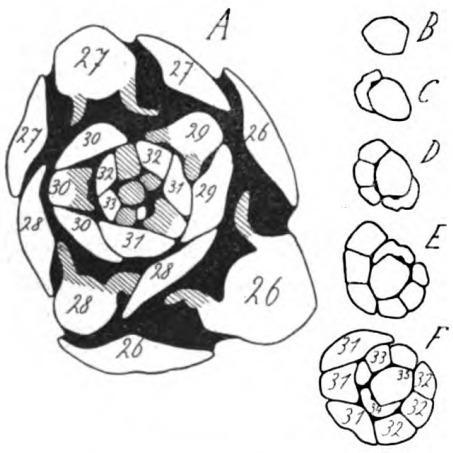


Fig. 1. *Quercus Robur*, 25 : 1. *A* = Querschnitt durch die Endknospe in der Höhe des Vegetationspunktes, Meristem schraffiert; *F* = Querschnitt durch die Basis des Vegetationspunktes; *B* bis *F* = Zerlegung der Figur *F* zur Veranschaulichung des Formwechsels. (Vergl. Schüepp 1916, Fig. 5, S. 53.)

Quercus Robur[2]) (einzelner Stockausschlag aus einem starken Baumstumpf; sonniger Standort; 10. VI 1916). Die Organe am Hauptspross und einigen Seitensprossen wurden ausgemessen (Tabelle I); die Endknospe wurde in eine Mikrotomserie zerlegt (Fig. 1 und 2). Internodien, Blätter und Seitensprosse der Hauptachse sind von der Basis her numeriert. Für die Numerierung der Organe an den Achselsprossen betrachte ich dieselben als schwächere Gabeläste in einem dichotomen Verzweigungssystem, zähle wieder

[1]) Schüepp. Untersuchungen über Wachstum und Formwechsel von Vegetationspunkten. (Jahrb. f. wiss. Bot. LVII, 1916, p. 31.)

[2]) Man vergleiche die Angaben von Späth, H. Der Johannistrieb. Berlin 1912.

Tabelle I. *Quercus Robur.*

J = Internodienlänge. Bl = Blattlänge. S = Länge der Seitensprosse (in mm).
Z = Zahl der Blattzipfel.

Hauptspross						Seitenspross I				Seitenspross II			
Nr.	J	Bl	Z	S	Bemerkungen	Nr.	J	Bl	Z	Nr.	J	Bl	Z
1	—	—	—	225	Hauptspross total 515	2	15	—	—	3	21,7	—	—
2	9	35	1	255		3	8	—	—	4	5	—	—
3	20	40	5	220	Internodien rund	4	4,2	59	7	5	67	62	8
4	31,5	72	7	215		5	38	59	7	6	23	46	7
5	32	98	8	130		6	14,5	37	6	7	71	43	9
6	58	136	10	150		7	35	70	8	8	18	34	10
7	49	145	13	95		8	23,2	59,5	10	9	14,2	26	10
8	40	137	13	36	Internodien	9	27,2	50	10	10	12	23	10
9	60	134	11	26,5	kantig	10	34	43,5	10	11	3,5	13,3	11
10	31,2	99	12	4,5		11	9	28,5	8	12	6	17	10
11	51	89	11	5,2		12	3	26	11	13	2,9	12,6	11
12	40,5	68	12	8,7		13	3,2	21	11	14	2,2	9,5	11
13	14	53	12	5		14	5,2	—	—	15	1,6	8,9	11
14	13	49	11	3,7		15	2,3	14,1	11	16	1	6,4	11
15	11	35	13	3		16	1,2	9,2	11	17	1	6,2	10
16	8	29,5	12	3,4						18	0,5	5	12
17	5,4	23,5	10	3						19	—	4	12
18	4,8	18,5	13	2,2	Internodien mit					20	—	2,7	12
19	3	16,1	11	2,4	fünf Hauptrippen	Seitenspross V							
20	2	12,1	12	1,9		6	11,5	—	—				
21	2,3	10,5	12	1,2		7	6	—	—	Seitenspross VIII			
22	2	9,7	12	1,2		8	56	27,5	7				
23	1,8	8,2	11	1		9	6	20	7	9	5,3	2	1
24	0,8	5,9	—	—		10	32,8	21,8	8	10	16,5	6,2	3
25	0,8	5,2	11	—		11	5	20	10	11	1,8	—	—
						12	4	8	8	12	3,8	10	8
						13	5	14,7	11	13	1	4,5	—
						14	1,5	10,3	10	14	—	4,3	—
						15	1,7	9	11	15	—	4,2	—
						16	1,2	7,8	12	16	—	3,7	—
						17	0,7	5	11				
						18	0,4	5,7	11				
						19	—	3	11				
						20	—	2,2	11				
						21	—	2	11				

von der Basis des ganzen Sprossystemes aus und gehe einfach bei der Verzweigungsstelle vom Hauptspross auf den Seitenspross über. Der Achselspross von Blatt 20 beginnt also mit Blatt 21, der Achselspross 30 mit Blatt 31 usw.

Jeder Spross beginnt mit 2—3 ungeteilten Primärblättern. Darauf folgen — gelegentlich erst nach einer Übergangsform — die Folgeblätter mit gelappter Spreite und zwei Nebenblättern. Die Zahl der

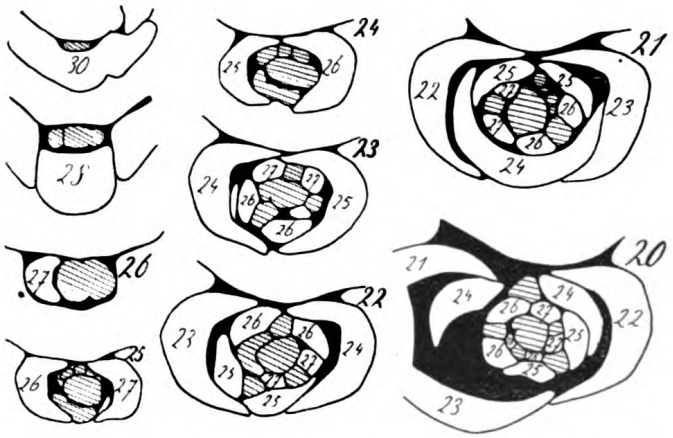


Fig. 2. *Quercus Robur*, 25 : 1. Schnitte durch die Achselknospen der Blätter 30, 28, 26 bis 20. Meristem schraffiert. Bei 20 wurde das Spiegelbild gezeichnet, weil die Grundspirale umgekehrt verlief, wie in den andern Fällen.

Blattzipfel steigt von 3—5 bis zu 11—13. Wenn einmal die volle Zahl der Blattzipfel erreicht ist, dürfen wir die aufeinanderfolgenden Blätter einer und derselben Achse als Darstellung der aufeinanderfolgenden Entwicklungsstadien eines und desselben Blattes auffassen.[1])

Am Hauptspross sind die ersten 10—12 Internodien und die ersten 8—9 Blätter ausgewachsen; Sprossglied 35 wird eben vom Vegetationspunkt abgegliedert. Vom 12. Internodium und vom 9. Blatt an nehmen die Organe an Grösse ab; die Regelmässigkeit der Abnahme beweist, dass der Spross zur Zeit der Untersuchung tatsächlich als Ganzes im gleichmässigen Fortwachsen begriffen war. Dabei beträgt die Entwicklungsdauer der Blätter 26 Plastochron, diejenige der Internodien 23 Plastochron. Bei der Bildung des jüngsten Sprossgliedes ist das Teilverhältnis Vegetationspunkt:

[1]) Schüepp 1916, S. 19

Sprossglied ungefähr 3 : 1. Die Knospe gehört also zum Elodeatypus[1]).

Sämtliche Seitensprosse haben ausgetrieben; sie nehmen von der Basis gegen die Spitze hin gleichmässig an Länge ab (Tabelle I Hauptspross unter S). Jeder Seitenspross ist eine vollständige Wiederholung des Hauptsprosses (Tabelle I : I, II, V, VIII). In Tabelle II A sind die Blattlängen zusammengestellt in der Weise, dass immer gleich grosse Blätter auf derselben Zeile stehen. Blatt 21 am Hauptspross ist vergleichbar mit den Blättern 16, 14, 16 und 12 der Seitensprosse. Das heisst der Hauptspross (der stärkere Gabelast) eilt dem Seitenspross (dem schwächern Gabelast) um 5, 7, 5 und 9 Plastochron in der Entwicklung voraus. Zu demselben Resultat gelangen wir, wenn wir die Nummern der jüngsten, eben in Anlage begriffenen Blätter vergleichen (Tabelle II B, Figur II). Blatt 35 am

Tabelle II A. *Quercus Robur.*

Hauptspross		I		II		V		VIII	
Nr.	Bl	Nr.	Bl	Nr.	Bl	Nr.	Bl	Nr.	Bl
10	99	—	—	—	—	—	—	—	—
11	89	—	—	—	—	—	—	—	—
12	68	7	70	5	62	—	—	—	—
13	53	8	59	6	46	—	—	—	—
14	49	9	50	7	43	—	—	—	—
15	35	10	43,5	8	34	10	27,5	—	—
16	24,5	11	28,5	9	26	11	20	—	—
17	23,5	12	26	10	23	12	21,8	—	—
18	18,5	13	21	11	13,3	13	20	—	—
19	16,1	14	—	12	17	14	8	—	—
20	12,7	15	14,1	13	12,6	15	14,7	11	—
21	10,5	16	9,2	14	9,5	16	10,3	12	10
22	9,7	17	—	15	8,9	17	9	13	4,5
23	8,2	—	—	16	6,4	18	7,8	14	4,3
24	5,9	—	—	17	6,2	19	5	15	4,2
25	5,2	—	—	18	5	20	5,7	16	3,7
—	—	—	—	19	4	21	3	—	—
—	—	—	—	20	2,7	22	2,2	—	—

Tab. II B. *Quercus Robur.*

Nr.	Jüngstes Blatt
Hauptspross	35
Seitenspross 20	29
„ 21	30
„ 22	29
„ 23	30
„ 24	29
„ 25	29
„ 26	29
„ 27	—
„ 28	30
„ 29	—
„ 30	30

Hauptspross entsteht gleichzeitig mit den Blättern 29 oder 30 der obern Seitensprosse; der Vorsprung des Hauptsprosses beträgt 5—6 Plastochron.

[1]) Schüepp 1916, S. 42.

Tabelle III. *Juglans nigra.*

Blattlängen (Bl) und Zahl der Blattfiedern (F); Anlage bedeutet das jüngste Sprossglied am Vegetationspunkt.

Hauptspross			Seitensprosse																																											
			I			II			III			IV			V			VI			VII			VIII			IX			X			XI			XII			XIII			XIV			XV			XVI			XVII			XVIII			XIX		
Nr.	Bl	F	Nr.	Bl	F		Bl	F		Bl	F		Bl	F		Bl	F		Bl	F		Bl	F		Bl	F		Bl	F		Bl	F		Bl	F		Bl	F		Bl	F		Bl	F		Bl	F		Bl	F		Bl	F	
1	—																																																					
2	180	4																																																			
3	135	8																																																			
4	295	4																																																			
5	230	5																																																			
6	315	5																																																			
7	290	5																																																			
8	300	7	2	—																																																	
9	240	7	3	33,5	1		32,5	1																																														
10	270	7	4	87	3		30	2		5,5	1																																											
11	202	7	5	115	5		100	4		5,5	1		12	1																																							
12	121	8	6	58	7		75,3	5		—			11	2		—																																						
13	73	7	7	58,5	7		42	5		—			—			—			—																																		
14	67	7	8	26	7		27,3	7		—			—			17	4		30	1		6,5	1																															
15	—	—	9	15,2	7		10,3	7		—			—			9,5	5		31	1		7,4	1		17	1																											
16	16,6	8	10	6,8			6,9	7		—			—			3,8	5		40	5		4			31	1		6,5	1																									
17	11	9	11	5			4	7		—			—			3			16,6	6		—			14,5	3		6,8	1		10	1																					
18	5	9	12	—			—	7		—			—			2,8			9	7		—			8,8	4		—			12	1		—																			
19	4,5	9	13	—			—			—			—			—			4,8			—			4	7		—			—			—			—															
20	3,5		14	—			—			—			An-			—			3,7			—			3,5			—			—			—			—			—												
21	—		15	—			—						lage			—			—			—			—			—			—			—			—			—			—								
22	—		16	—			—									—			—			An-			—			—			—			—			—			—			—							
23	—		17	—			—									—			—			lage			—			An-			—			—			—			—			—			—					
24	—		18	—			—									An-			—						—			lage			—			—			—			—			—			—			—		
25	—		19	—			Anlage									lage			—						—						An-			—			An-			—			—			—			—		
26	Anlage		20																Anlage						Anlage						lage						lage			An-			—			—			—		
			21																																					lage			An-			An-			An-			—			Veg. p.		
																																									lage			lage			lage					

Die Vegetationspunkte der Seitensprosse entstehen nachträglich in den Blattachseln in bestimmtem Abstande vom Hauptvegetationspunkt (Fig. 1 F, Fig. 2. 30). Nach Abgliederung der Vorblätter erreichen sie ganz die Grösse und Struktur des Hauptvegetationspunktes und entwickeln sich im gleichen Tempo wie dieser fort.

Unser Stockausschlag nähert sich stark dem Idealtypus der „vollständigen Entwicklung eines Sprossystems".[1]) Zur Vervollständigung des Bildes sollen noch einige andere Fälle angeführt werden.

Juglans nigra (Stockausschlag an sonnigem Standort 17. VI 1916).
Entwicklungsdauer der Blätter: 16 Plastochron.[2])
Teilverhältnis Vegetationspunkt: Sprossglied 1 : 1.[2])
Verspätung der Seitensprosse: ca. 6 Plastochron.[3])

Die Vegetationspunkte der Seitensprosse entstehen nachträglich in den Blattachseln. Sie gliedern die ersten Primärblätter ab, lange bevor sie die Grösse des Hauptvegetationspunktes erreicht haben; sie wachsen allmählich heran, während zugleich der Übergang von Primärblättern zu Folgeblättern und von der dekussierten Blattstellung zur Spiralstellung vor sich geht.

Fraxinus excelsior. Entwicklungsdauer der Blätter: 10 Plastochron.[4])
Teilverhältnis Vegetationspunkt: Sprossglied 1 : 3.[4])
Verspätung der Seitensprosse: 2 Plastochron.

Die Vegetationspunkte der Seitensprosse entstehen, wie Figur 3 zeigt, sehr nahe am Hauptvegetationspunkt; daher rührt die geringe Verspätung von 2 Plastochron. Die ersten Blätter des Seitensprosses zeigen nur 3—5 Fiederblätter statt 11 wie die typischen Folgeblätter; die Vegetationspunkte der Seitensprosse sind auch bei der Abgliederung der ersten Blätter noch schwächer als der Hauptvegetationspunkt (Fig. 3 F).

Fagus silvatica (Adventivspross an jungem Stämmchen; sonniger Standort 16. VI 1916).
Entwicklungsdauer der Blätter: 10 Plastochron.[5])
Teilverhältnis Vegetationspunkt: Sprossglied: $^1/_2$: 1.[5])
Verspätung der Seitensprosse: 2 Plastochron.

---

[1]) „Vollständige Prolepsis"; „Syllepsis" nach Späth.
[2]) Lathyrustypus: Schüepp 1916, S. 42.
[3]) Grössere Verspätungen bei den Seitensprossen III, IV, VII, IX; siehe Tabelle II.
[4]) Übergang vom Lathyrustypus zum Mesembryanthemumtypus. Schüepp 1916, S. 42.
[5]) Mesembryanthemumtypus. Schüepp 1916, S. 42.

Mit dem frühzeitigen Entstehen der Achselsprosse (Fig. 4) und der geringen Verspätung derselben gegenüber dem Hauptspross hängt es zusammen, dass man bei der Buche leicht Sprossysteme finden kann, in denen Seitensprosse zweiter und selbst dritter Ordnung ebenfalls ausgetrieben haben. In einem solchen Sprossystem wurden soweit als möglich die Nummern aller jüngsten Blätter bestimmt; gezählt wurde wieder von der Basis des ganzen Systems aus (Tabelle IV). Die untersten Seitensprosse erster Ordnung sind um 6 Plastochron, die späteren nur noch um 1—2 Plastochron verspätet. Die Achsen II. und III. Ordnung folgen denjenigen I. und II. Ordnung wieder mit 1—2 Plastochron Verspätung.

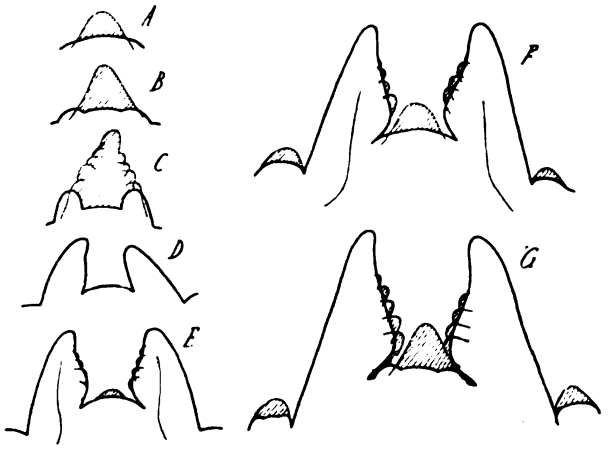


Fig. 3. *Fraxinus excelsior*, 25 : 1. Wachstum und Formwechsel des Vegetationspunktes. Medianschnitte. Hinter der Schnittebene liegende Teile schraffiert. Vergl. Schüepp 1916, Fig. 7, S. 36.

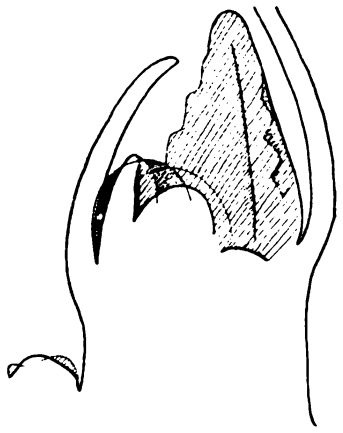


Fig. 4. *Fagus silvatica*, 50 : 1. Übersichtsbild vom Vegetationspunkt.

Andere Fälle. Stockausschläge mit vollständiger Entwicklung der Seitensprosse sind jedenfalls bei allen Baumarten möglich. Ich führe ein par Beispiele an; die Verspätung der Seitensprosse habe ich nach dem Verhalten der halberwachsenen Blätter geschätzt *Alnus incana* u. *glutinosa* (2 Pl.; Seitensprosse II. Ord.). *Corylus Avellana* (2 Pl.). *Tilia platyphyllos* (2 Pl.). *Carpinus Betulus* (2 Pl.). *Cornus mas* (2 Pl.). *Acer campestre* (2 Pl.). *Acer Pseudoplatanus* (2 Pl., Zweige II. Ordn.). *Populus nigra* (3 Pl.). *Betula verrucosa* (4 Pl., Zweige II. Ordn.). *Prunus spinosa* u. *avium* (8—10 Pl.). *Robinia Pseudacacia* (8—10 Pl.). In vielen Fällen sind die Organe am Hauptspross bedeutend grösser als an den Seitensprossen (Alnus glutinosa, Tilia, Corylus).

Das gleichmässige Fortwachsen eines ganzen Sprosssystemes, wie wir es oben in einigen Fällen kennen gelernt haben, ist — entwicklungsgeschichtlich betrachtet — der einfachste Fall, den wir uns denken können. Die ganze Gesetzmässigkeit beruht auf dem streng periodischen Formwechsel des Vegetationspunktes und der Tatsache, dass die gleichnamigen Organe alle genau den gleichen Entwicklungsgang durchmachen und dass speziell

Tabelle IV. *Fagus silvatica.*

Hauptspross	Jüngstes Blatt	Seitensprosse I. Ordnung		Seitensprosse II. Ordnung		Seitensprosse III. Ordnung	
		Spross	Jüngstes Blatt	Spross	Jüngstes Blatt	Spross	Jüngstes Blatt
	16	I	8	II; 2	6	III; 1; 1	7
		II	8	II; 3	6	III; 1; 2	7
		III	—	II; 4	7	IV; 1; 1	8
		IV	12	III; 1	9	IV; 1; 2	8
		V	11	III; 2	9	IV; 2; 1	9
		VI	—	III; 3	8	IV; 2; 2	9
		VII	—	IV; 1	11		
		VIII	14	IV; 2	10		
		IX	14	IV; 3	10		
		X	15	IV; 4	9		
		XI	14	IV; 5	10		
		XII	14	V; 1	12		
		XIII	14	V; 2	12		
				VIII; 2	13		
				VIII; 3	13		
				IX; 1	13		
				X; 1	13		

die Vegetationspunkte der Seitensprosse nach raschem Durchlaufen einiger Jugendstadien genau das Verhalten des Hauptvegetationspunktes wiederholen. Das ganze System muss also auch — physiologisch betrachtet — unter besonders gleichmässigen Bedingungen stehen.

Die Stockausschläge übertreffen ferner in bezug auf Zahl und auf Grösse der gebildeten Organe alle andern Sprosse. Aus ihrer optimalen Wachstumsleistung müssen wir auch auf optimale Wachstumsbedingungen schliessen.

Auf Grund der experimentellen Arbeiten von Klebs[1]) kommen wir zu folgender Auffassung. Gleichmässiges Fortwachsen eines Sprossystems und vollständige Ausbildung aller angelegten Organe tritt ein, wenn die äussern Bedingungen für die wachsende Endknospe dauernd optimal sind. Zur Konstanz der äussern Bedingungen für die Knospe gehört die Bedingung, dass durch einen Querschnitt, der in konstanter Entfernung hinter dem Vegetationspunkt herwandert, immer der gleiche Nährstoffstrom passiert. In der Natur und im Experiment werden sich diese Bedingungen nie auf die Dauer erfüllen lassen; die Wachstumsleistung muss eingeschränkt werden; wir fragen nach den Gesetzmässigkeiten, die sich dabei geltend machen.

Auch bei vollkommener Ausbildung der Seitenachsen sind doch alle Organe derselben kleiner als an der Hauptachse; der Unterschied ist oft gering, oft sehr auffällig. Ferner wächst oft die Endknospe längere Zeit gleichmässig fort, während die Seitenknospen immer mehr zurückbleiben und bald zur Ruhe übergehen. Beim Austreiben eines Sprossystems im Frühling wachsen die Knospen an der Spitze intensiver und länger als an der Basis. Nach den umfassenden Untersuchungen von Vöchting müssen alle diese Erscheinungen als Folge der Polarität aufgefasst werden. Vöchting vermeidet es grundsätzlich, die Wirkungen der Polarität mit der Säftebewegung in Zusammenhang zu bringen[2]); nach Klebs sind die Konzentrationsverhältnisse der Nährstoffe entscheidend für Art und Intensität des Wachstums. Die beiden Standpunkte lassen sich vielleicht versöhnen auf Grund folgender Annahme: Die polare Struktur der Leitungsbahnen bewirkt eine polare Verteilung der Nährstoffe und dadurch eine Förderung der Spitze gegenüber der Basis.

Wenn bei schlechten Wachstumsbedingungen eine einzelne Knospe zur Ruhe übergeht, so finden wir nicht nur eine Verlangsamung und einen schliesslichen Stillstand des Wachstums, sondern auch eine Veränderung und namentlich eine Abkürzung des ganzen Entwicklungsganges der Organe. Aus Laubblattanlagen entstehen Knospenschuppen als Hemmungsbildungen.[3])

---

[1]) Literatur bei Lakon, G. Über den rhythmischen Wechsel von Wachstum und Ruhe bei den Pflanzen (Biol. Zentralbl. XXXV 1915, p. 401) und Klebs: Über das Treiben der einheimischen Bäume, speziell der Buche (Abh. Akad. Heidelberg, math.-nat. Klasse, 3. Abh., 1914).

[2]) Z. B. Vöchting: Über Organbildung im Pflanzenreich, II. Bonn 1884, S. 157.

[3]) Göbel, Allgemeine Organographie, II. Auflage, Jena 1913, S. 313.

Es ist eine sehr häufige Erscheinung, dass Seitensprosse mit Primärblättern beginnen.[1]) In den oben betrachteten Fällen entstehen Primärblätter unter optimalen Wachstumsbedingungen; im Gegensatz zu den Knospenschuppen können sie also keine Hemmungsbildungen sein. Die Entwicklungsgeschichte führt zu einem andern Erklärungsversuch. Der Vegetationspunkt der Seitensprosse entsteht als kleiner Meristemkomplex; er beginnt mit der Blattbildung lange bevor er Masse und Struktur des Muttervegetationspunktes erreicht hat. Die ersten Blattanlagen sind von Anfang an von den Anlagen der Folgeblätter verschieden (Fig. 2, Nr. 30—25). Typische Primärblätter treten namentlich auf, wenn der Vegetationspunkt stark verspätet aus einer kleinen Meristemgruppe entsteht (Quercus, Juglans); sie fallen weg, wenn der Vegetationspunkt frühzeitig und als umfangreicher Zellkomplex abgegliedert wird (Fraxinus, Fagus).

Die Primärblätter gehören der Jugendform der Pflanze an. Diese tritt nur als rasch vorübergehende Erscheinung auf, wenn die Wachstumsbedingungen für die Folgeform günstig sind; sie kann sich dauernd erhalten, wenn besondere, für die Jugendform günstige Wachstumsbedingungen herrschen.[2])

---

[1]) Göbel, Allgemeine Organographie, S. 356.

[2]) Man vergleiche z. B. Göbels Versuche mit *Campanula rotundifolia*, Allgemeine Organographie, S. 407, 408.

Das magnetische Verhalten von Eisenkristallen bei gewöhnlicher Temperatur.

Von

KARL BECK.

(Als Manuskript eingegangen am 17. September 1917.)

Einleitung.

Die Messungen an den ferromagnetischen, scheinbar hexagonalen Pyrrhotinkristallen von Weiss und Kunz[1]), welche seither von Ziegler[2]) erweitert und in ihren Resultaten in den Hauptzügen bestätigt wurden, haben Weiss auf den Begriff des molekularen Feldes geführt, mit Hilfe dessen er aus der Langevin'schen Theorie des Paramagnetismus seine Theorie des Ferromagnetismus entwickelte.[3]) Diese letztere gibt eine erste Vorstellung von der Entstehung der spontanen Magnetisierung und gestattet, einen Ansatz zu machen, der das Abnehmen der Sättigungsintensität und schliessliche Verschwinden des Ferromagnetismus mit steigender Temperatur befriedigend darstellt. Ausgehend von der Tatsache, dass die ferromagnetischen Substanzen in der Regel kristallinische Struktur aufweisen, hat Weiss[4]) dann weiter versucht, die an denselben bekannten Erscheinungen der Hysteresis auf Grund der Annahme zu erklären, dass diese Substanzen aus Kristallen zusammengesetzt seien, wie sie das schematisierte Pyrrhotin darstellt, Rechnungen, die von Weiss und de Freudenreich[5]) neuerdings auch auf die Erscheinungen in ganz schwachen Feldern ausgedehnt worden sind. Der Untersuchung weiterer ferromagnetischer Kristalle ist dadurch erhöhte Bedeutung zugekommen.

---

[1]) P. Weiss, J. de Phys. 1905; P. Weiss et J. Kunz, J. de Phys. 1905.

[2]) M. Ziegler, Diss., Zürich 1915.

[3]) P. Weiss, J. de Phys. 1911 und Phys. Zeitschr. 1911.

[4]) P. Weiss, J. de Phys. 1907 und Phys. Zeitschr. 1908.

[5]) P. Weiss et J. de Freudenreich, Arch. sc. phys. et nat. 1916.

Von den regulären Kristallen hatte Weiss[1]) schon vor dem Pyrrhotin das Magnetit untersucht, und Quittner[2]) hat später in einer ausführlicheren Arbeit diese Beobachtungen ergänzt. Bereits die ersteren zeitigten das damals merkwürdige Resultat, dass sich diese regulären Kristalle magnetisch, im Gegensatz zur Optik, nicht gleich verhalten wie isotrope Medien. Voigt und Wallerant[3]) haben dann nachgewiesen, dass die von W. Thomson[4]) berechnete scheinbare Isotropie der magnetischen Kristalle nur dann auftritt, wenn die Magnetisierungsintensität dem Feld proportional ist, was nun aber hier wie bei allen kristallinischen ferromagnetischen Substanzen, abgesehen von den kleinen Feldern, nicht der Fall ist. Im übrigen ergab sich für alle Richtungen im Kristall bei hohen Feldern die gleiche Sättigungsintensität, bei mittleren Feldern dagegen verschieden schwere Magnetisierbarkeit für die verschiedenen Richtungen. Die kristallographischen Achsen stellen hier gegenüber ihrer Umgebung immer Extrema dar, so dass dort, und in der Regel nur dort, Magnetisierung und Feld parallel zueinander sind. Alle untersuchten Stücke waren in den Richtungen der 4-zähligen Achsen schwerer zu magnetisieren als in den Richtungen der 2- und 3-zähligen Achsen. Bezüglich der beiden letzteren Achsenrichtungen war je nach den Stücken die Substanz bald in der einen, bald in der andern schwerer zu magnetisieren.[5]) In einem grossen Teil der untersuchten Exemplare traten sodann, besonders bei kleineren und mittleren Feldern, beträchtliche Anomalien auf, welche die reguläre Symmetrie stark störten. Die Hysteresis im Drehfelde zeigte die gleichen Symmetrieverhältnisse wie die Magnetisierungsintensität.

In der vorliegenden Arbeit sollen nun Messungen besprochen werden, die an Eisenkristallen bei gewöhnlicher Temperatur ausgeführt wurden. Obschon das Eisen ja heute das am meisten verwendete ferromagnetische Material ist, so haben trotzdem bei den kristallmagnetischen Untersuchungen die obgenannten Mineralien den Vortritt gehabt, weil sie entweder die Anisotropien in besonders starkem Masse aufweisen, oder doch leichter in grösseren Exemplaren zu beschaffen sind als die Eisenkristalle.

---

[1]) P. Weiss, Thèses, Paris 1896.

[2]) V. Quittner, Diss., Zürich 1909 und Ann. d. Phys. 1909, N. F. 30.

[3]) W. Voigt, Gött. Nachr. 1900; F. Wallerant, Bull. soc. min. 1901.

[4]) W. Thomson, Rep. Brit. Assoc. 1851.

[5]) Nach einer mündlichen Mitteilung nimmt P. Weiss heute an, dass dieser Wechsel vielleicht durch Inhomogenität des Materials zu erklären sei, wobei der normale Fall der wäre, wo die Substanz in der Richtung der 2-zähligen Achse magnetisch härter ist als in der der 3-zähligen.

I. Ausführung der Messungen.

1. Das Material.

Das Material, das zu diesen Messungen verwendet wurde, ist verschiedenen Ursprungs. Die Stücke I und II stammen aus dem Gestänge eines Ofens, welches sich jahrelang auf der Temperatur der Rotglut befunden hatte, die übrigen von einem Schmelzversuch von de Freudenreich[1]). In einem Tiegel, der in einem Sandhaufen eingebettet war, hatte dieser Letztere Schmelzen nach dem Goldschmidt'schen Verfahren hergestellt und langsam erkalten lassen. Die etwa faustgrossen Stücke, die er dabei erhielt, zeigten beim Zerschlagen zum Teil sehr schöne Kristallflächen von bis gegen 2 cm Ausdehnung, die sich leicht als Würfelseiten erkennen liessen. Besonders schöne Kristalle erhielt man mit rotem Thermit unter Zusatz von etwa einem Drittel des Eisens in Form von Nägeln. Die Art, wie die Orientierung der zu den Messungen verwendeten Stücke bestimmt wurde, soll in einem späteren Abschnitt besprochen werden. Über die chemische Zusammensetzung des Materials gibt die folgende Analyse Aufschluss, die im Laboratorium der A.-G. der Eisen- und Stahlwerke vormals G. Fischer in Schaffhausen ausgeführt wurde, und zwar an Proben, die dem gleichen Schmelzstück entnommen wurden, aus dem die Platten stammen, die im folgenden mit V bezeichnet sind.

C gesamt	0,06 %
Si	1,62 %
Mn	0,16 %
P	0,050 %
S	0,040 %
Al	—
	1,93 %

Die Verunreinigungen machen also fast 2% der Substanz aus, wobei besonders der hohe Siliziumgehalt auffällt. Die Struktur des Materials lässt ferner die Vermutung zu, dass möglicherweise die Verunreinigungen nicht gleichmässig über das ganze Schmelzstück verteilt waren.

2. Methoden und Apparate.

Die zu lösende Aufgabe bestand darin, für die einzelnen Richtungen im Kristall die von verschiedenen Feldern H erzeugte

[1]) J. de Freudenreich, Arch. sc. phys. et nat. 1914.

Magnetisierungsintensität $\sigma = \frac{I}{\delta}$ zu bestimmen, die im allgemeinen eine von H verschiedene Richtung hat. Dabei bedeutet δ die Dichte des untersuchten Stückes, I das erzeugte magnetische Moment pro cm^3, σ die gleiche Grösse pro Gramm. Um die Aufgabe zu vereinfachen, wurden aus dem Material dünne, kreisrunde Scheiben von 6—9 mm Durchmesser hergestellt, deren Rotationsachse bei den Messungen senkrecht zum Feld gestellt wurde. Dadurch wurde das Auftreten einer Komponente von σ senkrecht zu den Grundflächen des Plättchens mit grosser Annäherung verhindert, weil in jener Richtung das entmagnetisierende Feld ein äusserst starkes war. An diesen Plättchen wurden die beiden Komponenten von $\sigma: \sigma_n$ senkrecht und σ_p parallel zu H jeweilen für ein bestimmtes Feld für eine Reihe von Azimuten gemessen.

Die Herstellung der Plättchen geschah folgendermassen: Durch Zerschlagen der Schmelzstücke wurden in den Kristallen Würfelflächen freigelegt (Flächen grösster Spaltbarkeit). Mit Hilfe der auftretenden Kanten und der Neumann'schen Linien (siehe später), zum Teil auch durch Schlagfiguren, wurden in diesen die Richtungen der verschiedenen Kristallachsen bestimmt, und nun von Hand Platten von 1—2 mm Dicke in der gewünschten Richtung aus dem Kristall herausgesägt. Ebenfalls von Hand wurden diese Platten darauf auf 0,3—0,2 mm Dicke abgefeilt. Mit der Klemmzange wurden dann die kleinen Scheibchen herausgeschnitten und darauf die Achsenrichtungen mit einer Stahlnadel eingeritzt. Mittelst Schellack klebte man diese Scheibchen auf einen Messingstab, drehte sie auf der Drehbank kreisrund und schmirgelte sie zuerst dort, dann noch von Hand durch Reiben auf feinem Schmirgelpapier auf etwa 0,1 mm Dicke ab. Das Abschmirgeln wurde in der Regel auf beiden Seiten vorgenommen und die dadurch ausgewischten Achsenbezeichnungen nach den auf der jeweilen nicht bearbeiteten Seite noch sichtbaren Strichen wieder aufgezeichnet. — Es ist klar, dass diese Methode keine vollständig genau orientierten Plättchen liefern kann, denn die zur Feststellung der Kristallgrenzen und Erzeugung der Neumann'schen Linien nötige Polierung und Ätzung der Platten und Plättchen brachte es mit sich, dass, auch wenn man in der Würfelfläche arbeitete, doch die ursprüngliche Bruchfläche, der einzig sichere Anhaltspunkt, verloren ging. Die mit den Bruchflächen bestimmte Winkel bildenden Rhombendodekaeder- und Oktaederflächen waren bei der verhältnismässig kleinen Ausdehnung der Stücke noch schwerer zu treffen. Immerhin dürfte die Neigung der Plättchen

gegenüber den gewünschten Ebenen bei den Würfelflächen $2^0 - 3^0$, bei den andern Flächen etwa 4^0 kaum übersteigen. Es sollen hier die Dimensionen einiger Plättchen angeführt werden mit den sich daraus ergebenden Entmagnetisierungskoeffizienten N in der Ebene der Plättchen, die nach der Formel [1])

$$N = \pi^2 \cdot \frac{c}{a}$$

berechnet wurden, wo a den Radius des Plättchens bedeutet, $c = \frac{d}{2}$ die halbe Dicke desselben.

Platte	m	$2a$	d	N
I	0,0300 g	9,10 mm	0,060 mm	0,065
V_2	0,0257 g	6,90 mm	0,090 mm	0,129
V_5	0,0185 g	6,60 mm	0,070 mm	0,105
VII_1	0,0429 g	9,20 mm	0,085 mm	0,083
VIII_1	0,0386 g	7,64 mm	0,110 mm	0,142

Man sieht daraus, dass das entmagnetisierende Feld in der Regel klein ist gegenüber dem äusseren Feld; es wird daher bei den späteren Berechnungen, deren Hauptinteresse sich auf die starken Felder bezieht, durchwegs vernachlässigt.

A. Messung von σ_n.

σ_n wurde nach der Methode der Drehmomente bestimmt, welche von Weiss und seinen Mitarbeitern schon vielfach verwendet und beschrieben wurde [2]). Wird ein Magnet vom Moment μ so in ein Feld H gebracht, dass die Richtungen von μ und H den Winkel α miteinander bilden, so übt das Feld auf den Magneten das Drehmoment

$$D = H \cdot \mu \cdot \sin \alpha$$
$$\text{oder} \quad D = H \cdot \mu_n = H \cdot m \cdot \sigma_n$$

aus, wo $\mu_n = \mu \cdot \sin \alpha$ ist, und somit, wenn m die Masse des Magneten bedeutet, σ_n die Komponente des magnetischen Momentes pro Masseneinheit senkrecht zu H darstellt.

Zur Erzeugung des magnetischen Feldes wurde ein Elektromagnet älteren Modells gebraucht, den Figur 1 wiedergibt. Auf den Eisenkern waren zwei Spulen S_1 und S_2 mit je 1052 Windungen

[1]) Graetz, Handb. d. Elektr. und d. Magn., Bd. IV.
[2]) P. Weiss, J. de Phys. 1905 und a. a. O.

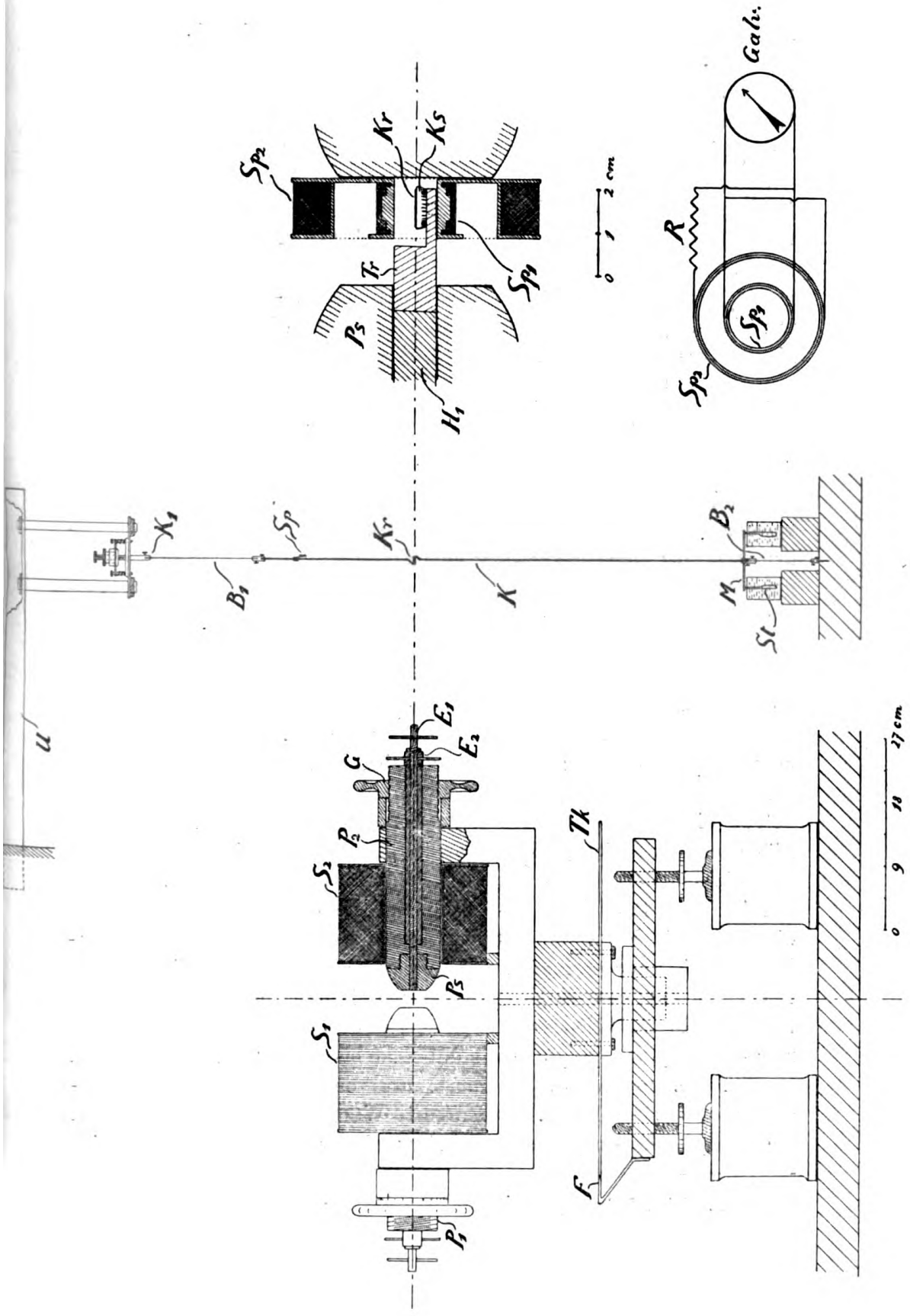

Gal.
R
Sp2
Sp1
Kr
Ks
Tr
Ps
H1
0 1 2 cm
K1
Sp
Kr
B1
K
B2
M
St
E1
E2
G
P2
S2
Ps
S1
P1
Tk
F
0 9 18 27 cm
U

Fig. 1.

isolierten Kupferdrahtes in 24 Lagen montiert, die hintereinander geschaltet waren. Die Polstücke P_1 und P_2 waren mit Hilfe der Gewinde G in der Richtung ihrer Achse verschiebbar, wodurch das Interferrikum beliebig verändert werden konnte. Die Polstücke waren ihrer ganzen Länge nach durchbohrt; für diese Messungen waren die Bohrlöcher indessen mit je zwei genau eingepassten Eisenstäben E_1 und E_2 wieder vollständig ausgefüllt, so dass die Bohrung hier praktisch nicht in Betracht kam. Die Polschuhe Ps waren zunächst parabolisch abgedreht und endeten in ebenen, kreisrunden Stirnflächen von 35 mm Durchmesser. — Der Magnet war auf einem Spurlager montiert und um seine vertikale Achse drehbar; ein Teilkreis Tk und eine feste Marke F gestatten, seine Stellung auf etwa $\frac{1^0}{20}$ genau zu bestimmen. Das Ganze war, durch Holzklötze in eine bequeme Höhe gebracht, auf einem starken, schweren Tisch aufgestellt.

Bei allen Messungen, deren Resultate im folgenden verwendet werden sollen, wurde mit einem Interferrikum von 25,0 mm gearbeitet, für welche Stellung der Polschuhe das Feld genau ausgemessen wurde, und zwar sowohl für einen bestimmten Erregerstrom i in bezug auf seine Homogenität, als auch für variables i als Funktion desselben an bestimmten Punkten des Interferrikums. Die Feldmessungen wurden zuerst relativ nach der ballistischen Methode ausgeführt, und sodann ein bestimmtes Feld noch mit der magnetischen Wage von Cotton absolut gemessen. Für die vertikale Mittelebene parallel zu den Stirnflächen der Polschuhe ergab sich für $i = 1{,}0$ Amp. eine Abnahme von H von der Mitte aus, und zwar betrug diese bis zu einem Punkt, der dem maximalen Radius eines Plättchens entspricht, nicht ganz $^1/_2\,\%$. Es ist bei der erreichten Genauigkeit der Messungen also vollständig zulässig, das Feld im Bereich des Plättchens als genügend homogen anzusehen, wenn dieses in die Mitte des Interferrikums gebracht wird. Das Interferrikum ist auch gross genug, um eine fühlbare Bildwirkung der Plättchen auf den Magnetismus der Polschuhe nicht auftreten zu lassen.[1]) In Funktion von i nimmt H in der Mitte des Interferrikums zuerst fast genau proportional mit i zu bis ungefähr zu den Werten $i = 5$ Amp. und $H = 5115$ Gauss, um von dort ab nur noch langsamer zu wachsen als i. Der grösste Wert des Stromes i, mit dem die nötigen Messungen ausgeführt werden konnten, ohne dass eine

[1]) P. Weiss, J. de Phys. 1910.

zu starke Erwärmung der Spulen eingetreten wäre, war $i = 14$ Amp. und ergab ein $H = 9420$ Gauss.

Zur Messung von D wurde, wie dies Weiss schon beim Pyrrhotin gemacht hat, das Plättchen auf einem Torsionssystem befestigt und in das Interferrikum gebracht. Da der Eisenkern des Magneten sowie sein Spurzapfen in der Richtung der vertikalen Achse durchbohrt waren, konnte dem Torsionssystem folgende Form gegeben werden (siehe Fig. 1): Oberhalb des Magneten war auf einem in die nahe Mauer eingebauten U-Balkenstück U eine Klemme K_1 so befestigt, dass sie vermittelst einiger Schrauben gedreht oder vertikal verschoben werden konnte. Durch diese Klemme wurde von oben ein Band aus Phosphorbronze B_1 fest gefasst, das eine Dicke von 0,13 mm, eine Breite von 2,0 mm und eine Länge von 152 mm hatte. Wieder an einer Klemme war an seinem untern Ende ein Kupferstab K befestigt von 2,0 mm Dicke und 700 mm Länge. Wo er das Interferrikum durchlief, war er S-förmig gebogen, so dass dort das Eisenplättchen Kr horizontal (also mit seiner Ebene parallel zu dem horizontalen H) mit Wachs festgeklebt werden konnte. Unten schloss sich an den Kupferstab wieder ein Bronzeband B_2 an aus dem gleichen Material wie das obere und 90 mm lang, das mit einer Klemme an einem festen Nagel am Tisch befestigt wurde. Die Längen des Kupferstabes und der Bronzebänder waren so gewählt, dass das Plättchen in die Mitte des Interferrikums zu liegen kam. Das ganze System wurde durch leichtes Hinaufschrauben der obersten Klemme gespannt und gestattete so, mit Hilfe eines am Kupferstab befestigten Spiegelchens Sp die Verdrehung zu beobachten, die es unter dem Einfluss des auf das Plättchen von H ausgeübten Drehmomentes D erfuhr.

Um die Messungen ausführen zu können, musste das System mit einer Dämpfung versehen sein und gestatten, jederzeit seine Torsionskonstante zu bestimmen. — Dies wurde durch folgende Einrichtung erreicht: An der Klemme, welche K mit B_2 verband, wurde eine kreisförmige Messingplatte M von 85 mm Durchmesser festgeschraubt, auf deren Rand in zwei Löchern zwei Messingzylinder von 6,662 g und 6,340 g eingesetzt werden konnten. Ihre Entfernung vom Zentrum der Scheibe betrug 38,1 mm, ihre Trägheitsmomente in bezug auf die Achse des Systems zusammen 190,1 g cm^2. Nach unten waren am Rand der Messingscheibe zwei am freien Ende plattgehämmerte Messingstifte St eingesetzt. Während der Messungen wurden diese so gestellt, dass die platten Teile in zwei Gefässen mit Glyzerin die nötige Dämpfung bewirkten; bei der Be-

stimmung der Torsionskonstanten wurden die Gefässe weggenommen und die Stifte so gestellt, dass die Dämpfung in der Luft möglichst gering war. Es wurden dann die Schwingungsdauern des Systems mit und ohne die beiden Zylinder gemessen und daraus die Direktionskraft des Torsionssystems bestimmt. Die beobachtete Verdrehung erlaubte so die Berechnung von D, und die Kenntnis von H und m die Bestimmung von σ_n.

B. Messung von σ_p.

σ_p wurde nach der Induktionsmethode bestimmt, wie sie ähnlich ebenfalls von Weiss für seine ersten Messungen am Pyrrhotin verwendet wurde. Die Details der Apparate waren folgende:

Beim einen Polstück wurde der Eisenstab E_1, der die durchgehende Bohrung desselben ausfüllte, herausgenommen und durch einen genau gleich dicken Holzstab H_1 ersetzt (siehe Fig. 1). An dessen Ende, das in das Interferrikum hineinragte, war ein Kupferträger *Tr* angebracht, der gestattete, das zu untersuchende Plättchen *Kr* symmetrisch zur Horizontalachse von H mit seiner Ebene parallel zu H in das Interferrikum zu bringen. Das Plättchen wurde dabei mit Wachs auf eine Kupferscheibe *Ks* geklebt, die drehbar und mit einer Kreisteilung versehen war, welche mit Hilfe einer festen Marke gestattete, eine Drehung des Plättchens in seiner Ebene zu messen.

H war infolge der Veränderung des einen Polstückes nun nicht mehr so homogen wie bei den Messungen von σ_n. Während es in der Nähe des vollständigen Polschuhes ein flaches Maximum in der Mitte hatte, wies es in der Nähe des durchbohrten Schuhes dort ein Minimum auf, das von einer kreisförmigen Region eines Maximums umgeben war. Messungen nach der ballistischen Methode ergaben für $i = 0{,}6$ Amp. in unmittelbarer Nähe des ganzen Polschuhes bis zu einem Abstand von 6 mm von der Horizontalachse von H eine Schwankung desselben von nur 0,1 %, in der Mitte des Interferrikums war H um etwa 3 % kleiner als beim ganzen Polschuh und veränderte sich seitlich ungefähr gleich stark wie dort, während in der Nähe des durchbohrten Polschuhes die Schwankung bedeutend grösser war. In der Umgebung der Horizontalachse von H war dieses also in der unmittelbaren Nähe des ganzen Polschuhes am homogensten, so dass das Plättchen zur Messung dorthin gebracht werden musste. Die Länge des Holzstabes wurde deshalb so gewählt, dass das Ende des Plättchens noch 2—3 mm von der Stirnfläche des ganzen Polschuhes entfernt war. Es traten dadurch im Bereich des Plättchens Variationen von H in der Richtung senkrecht zur

Achse von H von weniger als 0,1 % auf, während sie in der Richtung der Achse von H über die Länge des Plättchens wenig mehr als 2 % betrugen. H konnte also in diesem Bereich als hinreichend homogen betrachtet werden. Es wurden schliesslich für die Gegend, wo das Zentrum des Plättchens zu liegen kam, wieder Messungen von H in Funktion des Erregerstromes i durchgeführt, welche Werte lieferten, die von denen für ganze Polschuhe nicht stark verschieden waren.

An der vollständigen Stirnfläche wurde nun eine Spule angebracht (siehe Fig. 1), die in Verbindung mit einem ballistischen Galvanometer stand und so erlaubte, beim Hineinstossen und Herausziehen des Plättchens in die beschriebene Lage das in ihrem Innern auftretende und wieder verschwindende magnetische Moment zu messen.

Für die Konstruktion der Spule war folgende Überlegung massgebend [1]): Ein von einem konstant zu haltenden Strom i durchflossener Leiter erzeugt in einem Punkt A im Raum das Feld

$$H = G \cdot i.$$

In diesem Punkt soll nun ein magnetisches Moment μ auf irgend eine Art erzeugt werden, das mit H den Winkel α bildet. Dadurch wird die Energie

$$H \cdot \mu \cdot \cos\alpha = G \cdot i \cdot \mu \cdot \cos\alpha$$

durch Induktion auf die Stromquelle übertragen. Es ist dann

$$G \cdot i \cdot \mu \cdot \cos\alpha = \int E \cdot i \cdot dt,$$

wenn E derjenige Teil der im Leiter wirkenden EMK ist, der nötig ist, um trotz der Induktionswirkung der Entstehung von μ i konstant zu halten; und weil i konstant ist, so gilt auch:

$$G \cdot \mu \cdot \cos\alpha = \int E \cdot dt.$$

Der betrachtete Stromkreis soll nun stromlos sein und in Verbindung mit einem ballistischen Galvanometer. Während der Zeit, welche nötig ist, um μ im Punkte A entstehen zu lassen, oder um μ aus dem Unendlichen nach A zu bringen, entsteht dann in ihm ein Stromstoss q und ein dazu proportionaler Ausschlag s im Galvanometer. Da aber am Anfang und am Ende des Vorganges $i = 0$ ist, dürfen die aufgestellten Integrale verwendet werden, nur wird die berechnete Energie nicht mehr einer Stromquelle zugeführt, sondern

[1]) P. Weiss, J. de Phys. 1905.

zum einen Teil durch den Joule-Effekt direkt in Wärme umgewandelt, zum andern zuerst in kinetische Energie der beweglichen Teile des Galvanometers. Es ist somit

$$q = \int i \cdot dt = \frac{1}{R} \int E \cdot dt,$$

wo R für den Widerstand des Stromkreises gesetzt ist, also

$$s = K \cdot q = \frac{K}{R} \int E \cdot dt = \frac{K \cdot G}{R} \cdot \mu \cdot \cos \alpha.$$

Bedeutet nun dv ein Volumenelement des Magneten vom Moment $\mu = \int I \cdot dv$, so ist

$$s = \frac{K}{R} \cdot \int I \cdot G \cdot \cos \alpha \cdot dv.$$

Das letztere Integral hat in zwei Fällen eine einfache Bedeutung:

1. I soll konstant sein nach Grösse und Richtung über das ganze Volumen des Magneten. Dann ist

$$s = \frac{K}{R} \left[I_x \int G_x \cdot dv + I_y \int G_y \cdot dv + I_z \cdot \int G_z \cdot dv \right].$$

Ist nun wie in unserem Fall der Leiter eine Spule, deren Achse die x-Achse sein soll, und der Magnet ein Plättchen von der beschriebenen Form und in der angegebenen Lage im Zentrum derselben, so dass die Basis des Plättchens senkrecht zur z-Achse gewählt werden kann, so wird

$$I_z = 0 \quad \text{und} \quad \int G_y \cdot dv = 0$$

und daher

$$s = \frac{K}{R} \cdot I_x \cdot \int G_x \cdot dv.$$

Es ist also s proportional zu I_x.

2. Das Feld der Spule sei dort, wo der Magnet ist, homogen. Dann ist G konstant und

$$s = \frac{K \cdot G}{R} \cdot \int I \cdot \cos \alpha \cdot dv$$

und s gibt ein Mass für die mittlere Komponente von I in der Richtung des von der Spule erzeugten homogenen Feldes.

Durch die Anordnung von Spule und Träger des Plättchens wurde die erste Bedingung so gut als möglich verwirklicht, daneben bei der Konstruktion der Spule aber auch darauf Rücksicht genommen, dass im Bereich des Plättchens das von ihr erzeugte Feld möglichst homogen und parallel zum Feld des grossen Magneten

sei. — In einer Ebene senkrecht zum Feld ist die Homogenität bei kreisförmigen Spulen gut; in der Richtung des Feldes wurde dies dadurch erreicht, dass der Querschnitt nicht rechteckig genommen wurde, sondern an den Enden zwei Verstärkungen bekam. Der letztere (Sp_1 in Fig. 1) war 12 mm breit und im Maximum 3 mm hoch. Je zu äusserst war eine Schicht von 1 mm Breite mit dieser Höhe, dann kam nach innen je eine Schicht von 2 mm Breite und 2 mm Höhe, die Mitte hatte eine Höhe von 1 mm. Der innere Radius der Spule betrug an den Enden 6, dann 7, und in der Mitte 8 mm. Die Variation von G wurde dadurch für den Bereich des Plättchens längs der Spulenachse von ca. 20% auf kaum 10% reduziert. Die Spule selbst war auf einen kleinen Holzrahmen gewickelt und bestand aus 1050 Windungen isolierten Kupferdrahtes von 0,1 mm Dicke.

Um bei kleinen Schwankungen des Erregerstroms keine Störungen zu bekommen, wurde die beschriebene erste Spule von einer konzentrischen zweiten umgeben (Sp_2 in Fig. 1), die einen innern Radius von 21 mm hatte und 6350 Windungen aus dem gleichen Draht wie Sp_1 aufwies. Ihr Radius war derart gewählt, dass sie den grössten Teil des Kraftflusses im Interferrikum enthielt; so betrug das Feld bei $i = 0{,}6$ Amp. ausserhalb ihrer äussersten Windungen nur noch stark 50% von seinem maximalen Wert.

Diese beiden Spulen wurden parallel und gegeneinander geschaltet (nach Schema in Fig. 1) und zur grossen noch ein Widerstand $R = 3200\ \Omega$ hinzugefügt, so dass für beträchtliche Schwankungen des Erregerstromes nur äusserst schwache Ausschläge des Galvanometers erfolgten. Das ganze System der beiden Spulen wurde auf einem Holzträger an der Stirnfläche des vollständigen Polschuhes befestigt. Beim Hineinstossen und Herausziehen des auf den Träger aufgeklebten Plättchens wurde nun der im Galvanometer entstehende Ausschlag s beobachtet, welcher ein Mass gab für I_x, also bei bekannter Masse auch für σ_p.

Die Aichung erfolgte mit einem Plättchen des von Weiss [1]) untersuchten Kohlswa-Eisens von ähnlichen Dimensionen wie die Kristallplättchen. Es war auf einem zum beschriebenen Holzträger analogen aufgeklebt, so dass die Kontrolle nach Belieben zwischen den Messungen mit dem Kristall vorgenommen werden konnte. — Es zeigte sich, dass die Ablesungen am Galvanometer wegen der Erschütterungen usw. beim Herausziehen des Plättchens sicherer

[1]) P. Weiss, J. de Phys. 1910.

waren als beim Hineinstossen. Es wurde daher nur das Herausziehen zum Messen verwendet, und zwar musste dabei eine solche Geschwindigkeit angewendet werden, dass der Ausschlag s von derselben nicht mehr beeinflusst wurde. War s bei konstantem Erregerstrom, also bei konstantem H, für eine gewisse Lage des Plättchens bestimmt, so wurde dieses auf seinem Träger um 10° gedreht, so dass nacheinander σ_p für alle Azimute von H bestimmt werden konnte. — Die unmittelbare Nähe des Plättchens bei der Stirnfläche des Polschuhes lässt die Möglichkeit einer Bildwirkung zu. Diese ist aber auf die Spule offenbar sehr nahe proportional zu $\sigma_p \cdot m$; sie hat also, da zur Aichung die gleiche Methode wie zum Messen angewendet wurde, keinen Einfluss auf die Messung von σ_p.

II. Resultate der Messungen.

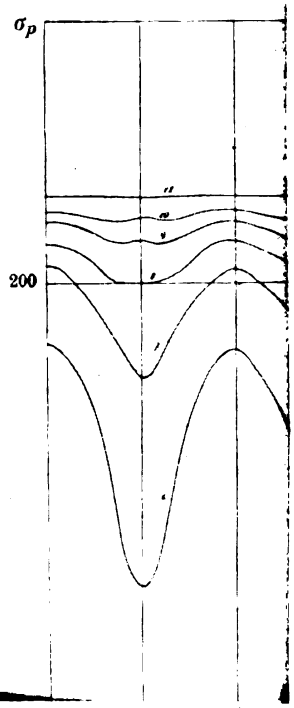
1. Die Magnetisierungsintensität.

A. Die Würfelfläche.

Von den direkten Resultaten der Messungen sollen zunächst die in den Platten, die parallel zur Würfelfläche geschnitten wurden, wiedergegeben, und zwar soll dabei mit der zu H parallelen Komponente σ_p von σ der Anfang gemacht werden.

Figur 2 (Taf. I) gibt σ_p für verschiedene H als Funktion des Azimutes φ von H wieder, wie sie in der Platte V_2 aufgetreten ist, wobei die Richtungen 0° und 90° parallel zu den Kanten des Würfels, die Richtungen 45° und 135° dagegen parallel zu seinen Seitendiagonalen sind (4-zählige und 2-zählige Achsen). Aus Symmetriegründen ist es offenbar genügend, bei allen diesen Kurven nur die Azimute von 0° bis 180° darzustellen. Für einen Teil derselben seien auch noch die ihnen zugrunde liegenden Zahlen wiedergegeben (siehe nebenstehende Tabelle).

Es zeigt sich, dass ein konstantes H nicht in allen Richtungen ein gleiches σ_p hervorruft. Die Haupterscheinung ist die, dass die 2-zähligen Achsen ein Minimum, die 4-zähligen ein Maximum für σ_p aufweisen, und zwar sind die Differenzen in mittelstarken Feldern am stärksten (bei $H = 392$ Gauss betragen sie rund 23 bei einem Mittelwert von $\sigma_p = 182$, oder stark 12½ % desselben). Je stärker die Felder werden, desto mehr geht der Unterschied zurück, und bei sehr starken Feldern ist er mit der hier erreichten Genauigkeit


σ_p
200

der Messungen nicht mehr wahrnehmbar. Der höchste bei dieser Platte gemessene Wert für σ_p ist 208,3 bei einem Felde $H = 4090$ Gauss. Verglichen mit dem Magnetit verhalten sich also beim Eisen die Achsen gerade umgekehrt, indem dort in den mittleren Feldern die 4-zähligen Achsen Minima, die 2-zähligen Maxima von σ_p darstellen. — Für Felder von etwa 1000—1500 Gauss stellen die 2-zähligen Achsen allerdings keine Minima von σ_p mehr dar, sondern sekundäre Maxima. Es wird sich im folgenden erweisen, dass die

Platte V_2 (Würfelfläche): $\sigma_{p(\varphi)}$.

φ	$H = 71$	111	189	392	1527	4090
6,0°	54,5	83,0	140,5	193,5	206,8	—
16,0°	54,3	82,5	137,8	191,0	206,5	208,3
26,0°	54,0	82,0	133,8	185,3	206,0	—
36,0°	54,0	81,8	130,5	174,5	206,0	208,3
46,0°	54,0	81,5	129,8	171,3	206,3	—
56,0°	54,0	81,8	131,3	177,0	206,0	208,0
66,0°	54,3	82,3	135,0	186,0	206,3	—
76,0°	54,5	83,0	139,0	191,0	206,8	208,3
86,0°	54,8	83,5	141,3	193,3	207,0	—
96,0°	55,0	83,8	141,0	192,5	206,8	208,3
106,0°	55,3	84,0	138,3	188,8	206,3	—
116,0°	55,3	84,0	134,3	182,0	205,8	208,0
126,0°	55,3	83,8	131,3	173,8	205,5	—
136,0°	55,5	83,8	130,3	170,5	205,8	208,3
146,0°	55,5	83,8	131,5	176,5	205,3	—
156,0°	55,3	83,8	135,3	185,8	205,8	208,3
166,0°	55,0	83,5	138,7	191,3	206,3	—
176,0°	54,8	83,5	141,0	193,8	206,8	208,3

Ursache davon ist, dass für Azimute von 30—35°, 55—60°, 120—125° und 145—150° die Variation von σ_p hauptsächlich durch die Nichtparallelität von σ mit H bedingt ist, welche, wie die Untersuchung von σ_n zeigen wird, für die Achsenrichtungen nicht vorhanden ist. — Für schwache Felder ist der charakteristische Unterschied von 4- und 2-zähligen Achsen nicht bemerkbar; es sei indessen hier schon darauf hingewiesen, dass in dem Fall die entmagnetisierende Wirkung, die von den geometrischen Dimensionen abhängig ist, die Erscheinungen kristallographischer Natur verdecken kann.

Untersucht man die Kurven mehr im Detail, so findet man, dass die für reguläre Kristalle geforderte Symmetrie zwischen den beiden gezeichneten Quadranten nicht überall streng vorhanden ist.

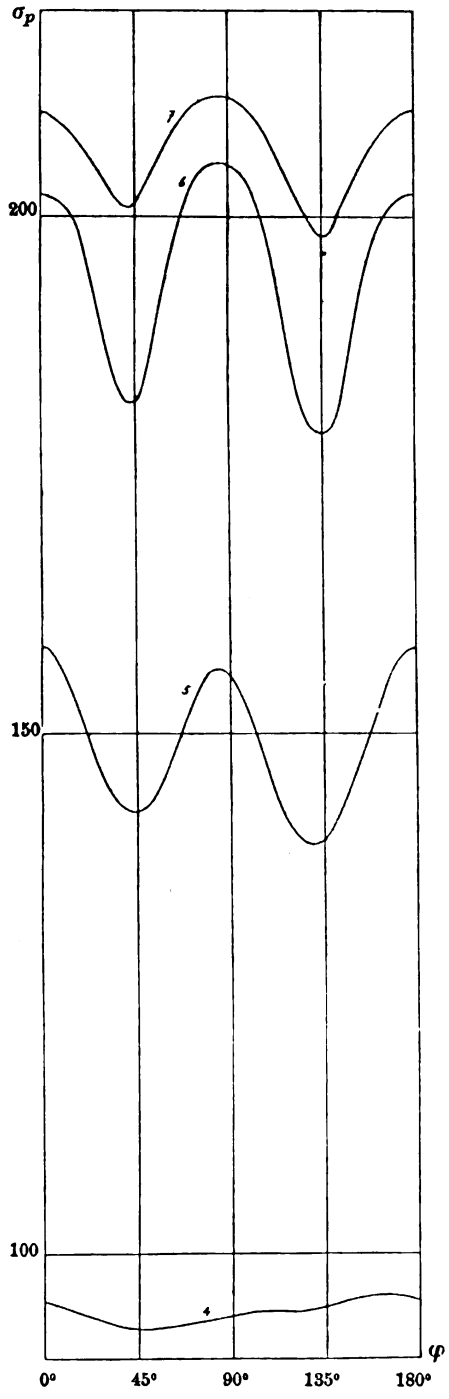


Fig. 3: Platte V_6; $\sigma_p(\varphi)$.

4: $H = 111$ Gauss 6: $H = 392$ Gauss
5: $H = 189$ „ 7: $H = 595$ „

Es treten ganz kleine Unterschiede auf zwischen den zwei 4-zähligen und zwischen den zwei 2-zähligen Achsen, gleich wie sich auch in den kleinen Feldern eine geringe Variation von σ_p findet, lange bevor sich die Achsenrichtungen aus der Kurve abheben. Diese Unregelmässigkeiten sind allerdings bei der besonders günstigen Platte V_8 nicht beträchtlich, dagegen weisen sie bei einigen andern Platten ganz erhebliche Werte auf; an jenen Platten lässt sich daher ihr Verlauf auch besser verfolgen. In der Platte V_6 (Fig. 3) hat man in kleinen Feldern eine einfache Welle mit einem Minimum in der Gegend von 50° und einem Maximum in der Gegend von 165°, und diese Erscheinung, die also in den schwachen Feldern allein auftritt, lagert sich in den stärkeren über die Haupterscheinung und lässt sich an den Unregelmässigkeiten, die sie dieser aufdrückt, bis weit hinauf verfolgen. Bei einem Feld von 111 Gauss beginnt sich die reguläre Symmetrie leicht geltend zu machen, doch ist σ_p für 135° grösser als für 45° und für 0° grösser als für 90°. Bei 189 Gauss hat man im grossen ganzen schon die charakteristische Kurve mit den zwei Maxima und Minima, aber nun ist σ_p für 45° grösser geworden als für 135°, während es für 0° noch grösser ist als für 90°. Bei 392 Gauss ist dann auch das Maximum von 90° grösser geworden als das von 0°, und dieses Verhältnis der Extrema verschwindet erst, wenn sich bei

sehr starken Feldern überhaupt alle Unterschiede den Messungen entziehen. Mit ganz wenigen Ausnahmen zeigen diese Unsymmetrien, die bei allen Platten von dieser Orientierung auftreten, den gleichen Charakter, nämlich eine Inversion ihres Sinnes in den mittleren Feldern, nur treten sie in den einzelnen Platten in verschiedener Stärke auf und haben auch oft für die zwei 4-zähligen und die zwei 2-zähligen Achsen ganz ungleiche Grösse; auch variiert das Feld, bei dem die Inversion auftritt, von Fall zu Fall, bleibt aber immer im Bereich von 100—400 Gauss. Gerade die Inversion lässt aber den Schluss zu, dass es sich nicht nur um Unregelmässigkeiten in der Bearbeitung der Platten handeln kann, die ja ihren Sinn nicht ändern würden, sondern um Unterschiede in der Struktur des Materials. Die Messungen an den Oktaederflächen scheinen, wie später gezeigt werden soll, diese Auffassung zu bestätigen. Die ganze Erscheinung ist offenbar verwandt mit dem, was Quittner[1]) beim Magnetit in den „nichtregulären Stücken" gefunden hat, nur ist dort, wenigstens bei den Würfelplatten, nichts von einer Inversion zu sehen (höchstens bei den „regulären").

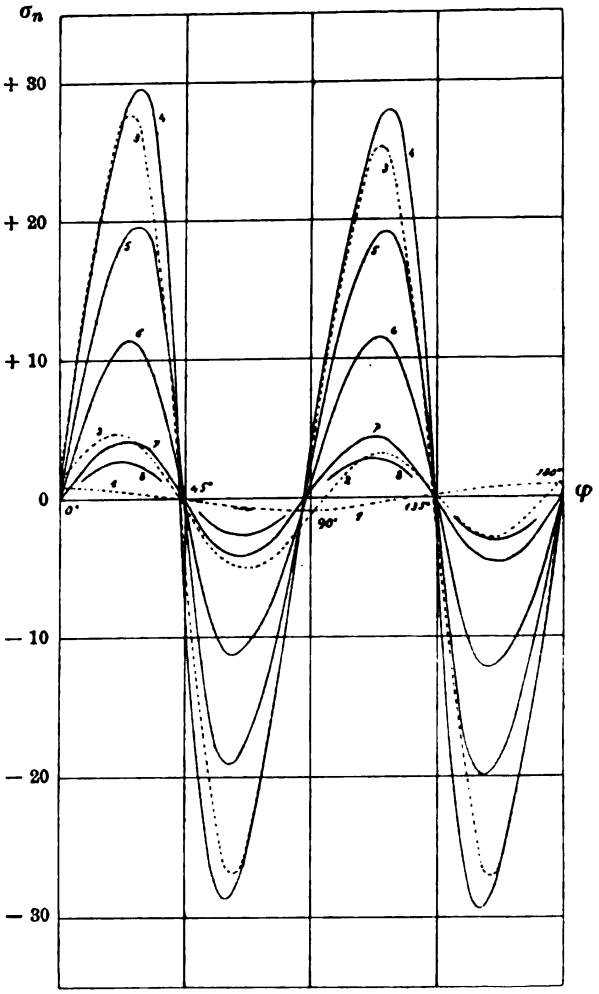


Fig. 4: Platte V_2; $\sigma_n(\varphi)$.

1 : H = 71 Gauss	5 : H = 1110 Gauss
2 : H = 189 „	6 : H = 2050 „
3 : H = 392 „	7 : H = 6000 „
4 : H = 595 „	8 : H = 9420 „

[1]) V. Quittner loc. cit.

Die Komponente σ_n von σ, senkrecht zu H, ergibt in einem Bereich von 180° für mittlere und grosse H als Funktion des Azimutes φ von H eine Kurve mit vier Nullstellen und zwei positiven und zwei negativen, absolut nahezu gleichen Maxima, und zwar entsprechen die Nullstellen den vier Achsenrichtungen. Die Figur 4 (siehe S. 131) veranschaulicht wieder die Resultate für die Platte V_2, wobei die Achsenrichtungen auf die gleichen Azimute fallen wie in Fig. 2, und die folgende Tabelle enthält einen Teil der entsprechenden Zahlen.

Platte V_2 (Würfelfläche): $\sigma_{n(\varphi)}$.

$H = 71$		$H = 189$		$H = 595$		$H = 2050$		$H = 9420$	
φ	σ_n	φ	σ_n	φ	σ_n	φ	σ_n	φ	σ_n
1,3°	+ 0,85	1,3°	+ 1,75	1,2°	+ 2,35	1,1°	+ 0,85	1,1°	+ 0,20
11,3°	0,70	11,3°	3,85	10,3°	14,40	9,8°	6,25	9,5°	1,65
21,3°	0,55	21,3°	4,65	19,6°	24,70	18,9°	10,35	18,5°	2,60
				24,3°	28,35	23,7°	11,30	23,3°	2,70
31,3	0,30	31,3°	3,25	29,2°	29,90	28,7°	10,95	28,6°	2,45
				34,4°	26,90	34,3°	+ 8,70	34,3°	+ 1,80
41,3	+ 0,15	41,3°	+ 0,45	40,5°	+ 12,55				
						47,0°	— 2,85	46,9°	— 0,55
51,3°	— 0,30	51,3°	— 2,65	53,1°	— 25,80				
				58,3°	28,70	58,8°	10,65	58,8°	2,35
61,3°	0,55	61,3°	4,75	63,2°	27,50	63,9°	11,15	64,2°	2,65
				68,0°	24,05	68,7°	10,35	69,1°	2,55
71,3°	0,70	71,3°	4,85	72,6°	19,40	73,3°	8,65	73,7°	2,20
81,3°	0,85	81,3°	3,30	81,9°	— 8,30	82,2°	— 3,90	82,4°	— 1,00
91,3°	0,85	91,3°	— 0,95	91,1°	+ 3,70	90,9°	+ 1,70	90,8°	+ 0,50
101,3°	0,70	101,3°	+ 1,40	100,3°	15,05	99,7°	6,95	99,3°	1,85
111,3°	0,55	111,3°	3,00	109,6°	24,20	108,8°	10,75	108,3°	2,75
				114,4°	27,15	113,6°	11,50	113,2°	2,85
121,3°	— 0,15	121,3°	2,80	119,4°	27,90	118,7°	11,05	118,6°	2,55
				124,6°	24,10				
131,3°	+ 0,15	131,3°	+ 1,00	130,5°	+ 11,45	130,5°	+ 3,60	130,5°	+ 0,75
141,3°	0,40	141,3°	— 1,40	143,0°	— 25,70	143,3°	— 8,60	143,4°	— 1,95
				148,3°	29,30	149,6°	11,40	149,3°	2,75
151,3°	0,55	151,3°	2,75	153,3°	28,45	154,2°	12,05	154,7°	3,05
				158,0°	25,30	158,9°	11,30	159,6°	2,95
161,3°	0,75	161,3°	2,40	162,7°	20,90	163,6°	9,65	164,1°	2,60
171,3°	0,85	171,3°	— 0,50	172,0°	— 9,85	172,4°	— 4,80	172,8°	— 1,35

Es treten dabei bei den höheren Feldern nicht mehr die gleichen Werte von φ auf wie bei den kleineren, weil wegen der dort stärkeren Verdrehung des Torsionssystems die Ablesung am Teilkreis

korrigiert werden muss; zudem wurden in der Umgebung der Maxima zur genaueren Bestimmung derselben (mit Rücksicht auf die Drehmomente; siehe später) die Ablesungen von 5° zu 5° gemacht, statt wie sonst nur von 10° zu 10°. — Der Unterschied in der Variation von σ_n gegenüber der von σ_p besteht in erster Linie darin, dass σ_n in jedem Quadranten einmal positiv und einmal negativ wird. Das hängt damit zusammen, dass bei einer Drehung von H in der Ebene der Platte, wenn man dabei von der leichter magnetisierbaren Richtung der 4-zähligen Achse ausgeht, σ zunächst hinter H zurückbleibt, nach Überschreiten der schwerer magnetisierbaren Richtung der 2-zähligen Achse aber gegenüber H vorauseilt. Mit Ausnahme der speziellen Richtungen der 2-zähligen Achsen ist σ also immer näher bei einer 4-zähligen als H. In den Achsenrichtungen ist $\sigma_n = 0$, also $\sigma = \sigma_p$ und parallel zu H. — Die Amplitude der von σ_n beschriebenen sinus-artigen Variation ist in den kleineren Feldern sehr gering, wächst dann in den mittleren Feldern rasch zu einem Maximum, um mit weiter wachsendem H langsam abzunehmen. Das Maximum erreicht einen Wert zwischen 15 und 20% des entsprechenden σ_p. Die Abnahme des Maximums in den starken Feldern ist, wie die Angaben über das Drehmoment zeigen werden, eine hyperbolische, indem $\sigma_{max.} \cdot H$ konstant wird, oder $\sigma_{max.}$ proportional zu $\frac{1}{H}$; es würde also für $H = \infty$ $\sigma_n = 0$ für alle Azimute.

Bei genauerer Untersuchung findet man bei diesen Kurven ähnliche Unsymmetrien wie für σ_p. Deutlicher als bei den letzteren Kurven ist hier, dass die Richtungen, für welche σ_p ein Extremum oder $\sigma_n = 0$ wird, nicht genau 45°, resp. 90°, von einander entfernt sind, und zudem sind die vier Maxima nicht genau gleich gross. Auch hier soll wieder an der besonders unregelmässigen Platte V_6 gezeigt werden, wie sich diese Unregelmässigkeiten geltend machen können. Die Figur 5 (siehe S. 134) zeigt das betreffende σ_n für zwei mittlere und ein starkes H. Der Unterschied in den Maxima, besonders in den positiven, ist hier sehr beträchtlich für $H = 189$ Gauss (gegen 40%), schon bei 392 Gauss hat er das Vorzeichen gewechselt und ist in starken Feldern von ähnlicher Grösse wie bei 189 Gauss, nur mit entgegengesetztem Vorzeichen. Der Unterschied der beiden negativen Maxima wechselt hier sogar zweimal das Vorzeichen und erreicht für starke Felder ebenfalls relativ hohe Werte. — Für kleine H ist σ_n wieder durch eine Kurve dargestellt, welche zwischen 0° und 180° je ein Maximum und ein Minimum hat, wie dies schon bei der Platte V_2 sichtbar ist. — Die Vorzeichen in den Unter-

schieden zwischen den einzelnen Maxima von σ_n ändern sich nicht unbedingt zugleich mit den Vorzeichen der Unterschiede der Extrema von σ_p, sondern die Grösse des Maximums von σ_n hängt offenbar von der Grösse des Unterschiedes ab, der für ein bestimmtes H zwischen den σ_p von zwei aufeinander folgenden Achsen herrscht, indem sich σ um so weniger in der Richtung von H unterscheidet, je geringer dieser Unterschied ist. So erklärt es sich, dass bei σ_n für die Platte V_6 der Unterschied in den negativen Maxima zweimal das Vorzeichen wechselt.

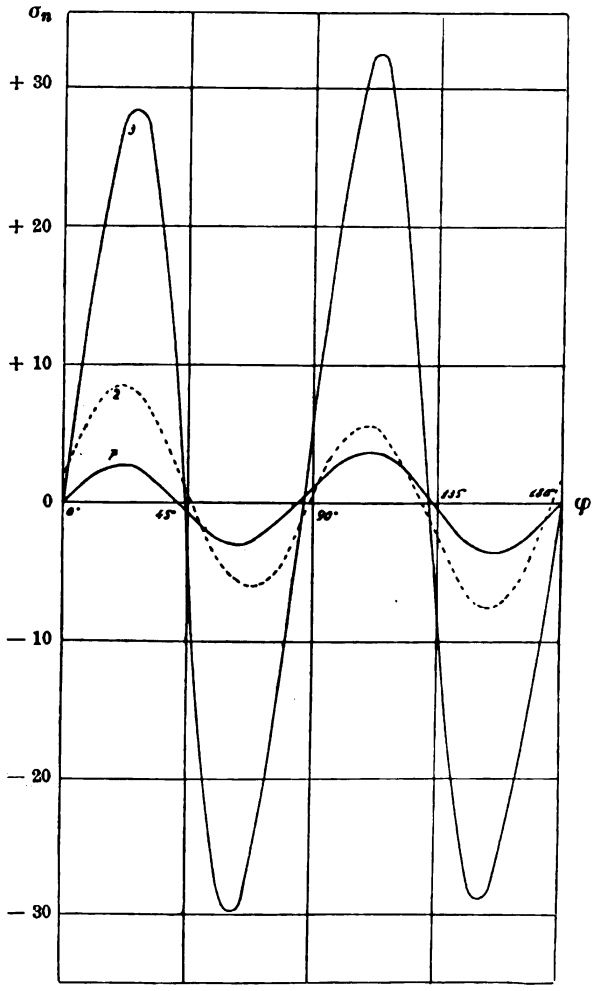


Fig. 5: Platte V_6; $\sigma_n(\varphi)$.
2: $H = 189$ Gauss 3: $H = 392$ Gauss
7: $H = 8260$ Gauss

Im Gegensatz zu den Messungen am Pyrrhotin fehlt hier das für mittlere Felder dort typische Abweichen von der Sinusform. Während hier schon von Anfang an alle Kurven sehr angenähert Sinusform aufweisen, hat man dort eine starke Verschiebung der beiden positiven und negativen Maxima gegen die Richtung der schweren Magnetisierbarkeit hin; es entspricht dies einem ziemlich plötzlichen Umkippen von σ von der einen auf die anderen Seite dieser Richtung, das von dem grossen Unterschied in der Magnetisierbarkeit der beiden ausgezeichneten Richtungen beim Pyrrhotin herrührt.

Setzt man σ_p und σ_n zusammen, so erhält man σ selbst. Die Kurven, die man dafür bekommt, sind sehr ähnlich denen für σ_p, ist doch σ, besonders für starke Felder, nicht wesentlich von σ_p

verschieden. Figur 6 enthält σ für konstante H, aber nun nicht mehr in Funktion des Azimutes φ von H, sondern des Azimutes γ von σ selbst. Die Maxima und Minima der Kurven für σ und σ_p müssen, weil dort $\sigma_n = 0$ wird, zusammenfallen, nur werden bei den Kurven für σ in den mittleren Feldern die Minima breiter, die Maxima schmäler. Für die dazwischen liegenden Winkel sind die Unterschiede zwischen φ und γ und die Unterschiede zwischen σ_p und σ gerade so, dass sich die Kurven fast völlig decken. In den stärkeren Feldern tritt nun deutlich zutage, dass in der Richtung der 2-zähligen Achse σ wirklich noch ein Minimum hat; es wird dort auch jeweilen das Maximum von σ in der Richtung der 4-zähligen Achse etwas breiter als bei den σ_p-Kurven, weil hier die Vergrösserung von σ_p durch den Zusatz von σ_n gegenüber der Wirkung des Unterschiedes zwischen φ und γ überwiegt. (In Figur 6 sind die Kurven der Einfachheit halber so schematisiert, dass die beiden Quadranten als vollkommen gleich angenommen wurden, indem eine mittlere Kurve aus ihnen konstruiert wurde.) — Das Zurückbleiben von σ gegenüber H bei einer Drehung des letzteren wird durch den Winkel $(\varphi-\gamma)$ ausgedrückt, für den gilt:

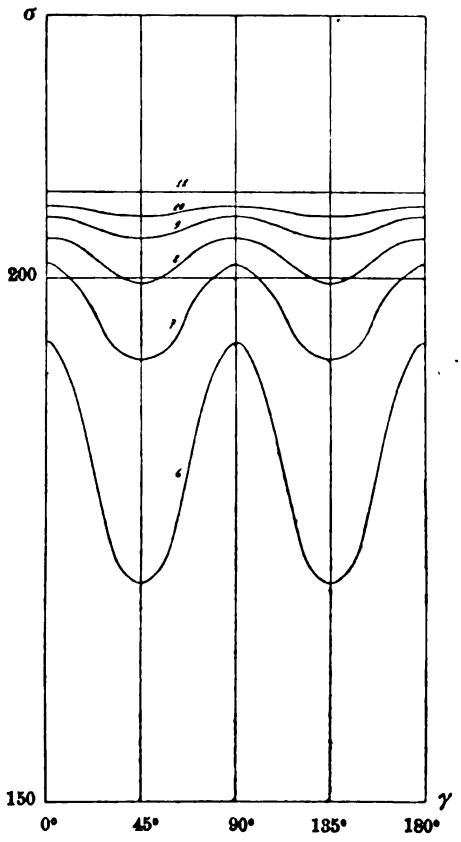


Fig. 6: Platte V_2; $\sigma(\gamma)$.

6: $H = 392$ Gauss 9: $H = 1110$ Gauss
7: $H = 595$ „ 10: $H = 1527$ „
8: $H = 798$ „ 11: $H = 4090$ „

$$\operatorname{tg}(\varphi-\gamma) = \frac{\sigma_n}{\sigma_p}.$$

Der Winkel ist ganz ähnlichen Variationen unterworfen wie σ_n, weil sich ja für ein konstantes H σ_n relativ viel stärker ändert als σ_p. Insbesondere macht $(\varphi-\gamma)$ den Vorzeichenwechsel von σ_n mit. Der grösste Wert des Maximums von $(\varphi-\gamma)$ tritt naturgemäss bei etwas kleinerem H auf als der grösste Wert des Maximums von σ_n.

Er erreicht für die Platte V_2 einen Wert von 9°, und nimmt bei höherem H mit σ_n langsam ab. Für $H = 2050$ Gauss ist $(\varphi - \gamma)$ im Maximum noch 3° 20′.

Die Sättigungsintensität $\sigma_{max.}$ ist für die Platte V_2 etwas kleiner, als sie für reines Eisen gefunden wurde. Sie wurde bei den vorliegenden Messungen nicht für alle Platten bestimmt, sondern nur für die folgenden:

Platte	$\sigma_{max.}$
I	212,1
II	215,1
III_1	212,6
III_2	212,8
V_2	208,6
V_{13}	212,0
VII_1	215,1
VIII_1	207,0

Diese Resultate sind durchwegs kleiner als der von Weiss[1]) für Kohlswa-Eisen gefundene: $\sigma_{max.} = 216{,}5$, welches allerdings nur 0,223 % Verunreinigungen enthält. Die einzelnen Werte weisen hier beträchtliche Differenzen auf, wovon besonders die zwischen den Platten V—VIII auffallend sind, die von gleichen Schmelzversuchen stammen und trotzdem Unterschiede bis zu 4 % aufweisen. Es ist dazu zu bemerken, dass es sich hier, wie die Analyse zeigte, um viel weniger reines Eisen handelte, und dass zudem die Aichung des Apparates zur Bestimmung von σ_p bei weitem nicht so genau war wie die relativen Resultate, die er lieferte. Ich schätze den möglichen Fehler dort wegen der möglichen nicht ganz gleichen Lage der Platten innerhalb der Spule auf mindestens 1 %, sodann können die Wägungen ebenfalls einen Einfluss haben, der hier gut 1 % ausmachen kann, und schliesslich ist nicht zu vergessen, dass das von de Freudenreich erhaltene Schmelzgut nicht den Eindruck vollständiger Homogenität machte, so dass auch dort mit der Möglichkeit einer etwas ungleichen Verteilung der Verunreinigungen gerechnet werden muss.

Anschliessend gibt Figur 7 noch die Darstellung der graphischen Kombination von σ_p und σ_n für verschiedene H, wobei die äusserste Kurve den Sättigungskreis wiedergibt. Es zeigt sich hier deutlich, dass zwischen diesen Kurven und den entsprechenden für Pyrrhotin wesentliche Unterschiede bestehen. Erstens ist hier nicht schon für

[1]) P. Weiss, J. de Phys. 1910.

relativ kleine H, wie dort, in der Richtung der leichten Magnetisierbarkeit der Sättigungskreis erreicht, sondern derselbe wird in allen Richtungen theoretisch erst für unendlich grosse H erreicht, und sodann fehlt beim Eisen das plötzliche Umkippen von σ über die Richtung der schweren Magnetisierbarkeit hin wie beim Pyrrhotin und auch die typische Gerade in jener Gegend bei dieser Darstellung.

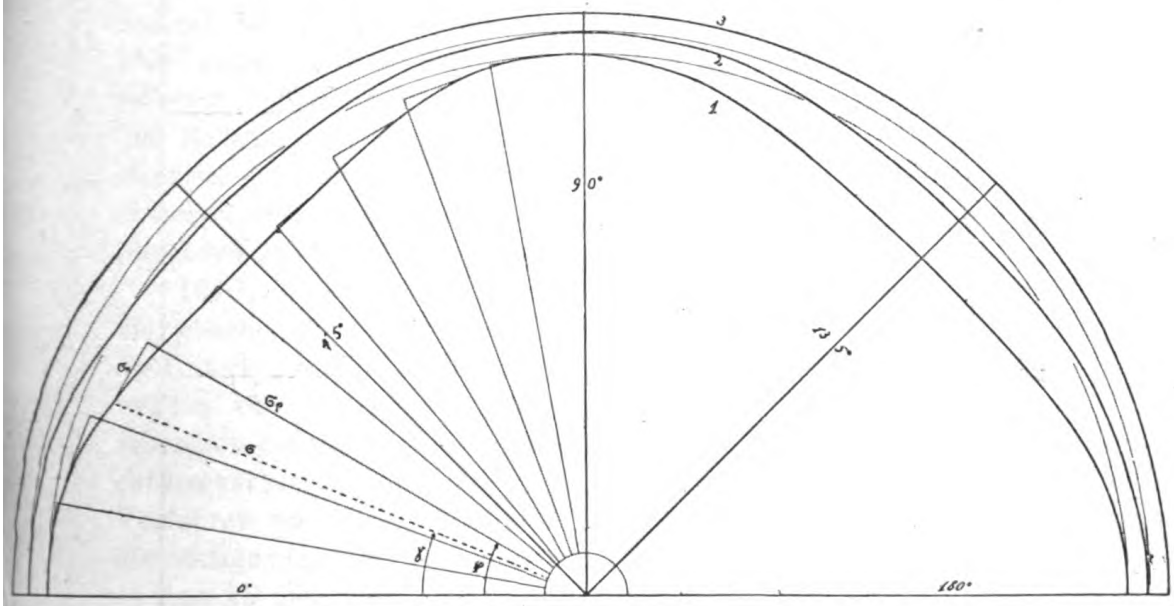


Fig. 7: Platte V_2; $\sigma(\gamma)$.

1 : $H = 392$ Gauss 2 : $H = 595$ Gauss 3 : $H = \infty$

Figur 8 (siehe S. 138) gibt schliesslich für die Platte V_2 die eigentliche Magnetisierungskurve $\sigma_{(H)}$ für die Azimute 0° (resp. 90°) und 45° (resp. 135°) nach den Kurven der Figur 2. Beide Kurven unterscheiden sich nicht wesentlich von den gewöhnlichen Magnetisierungskurven für Eisen. Es streben beide der gleichen Sättigungsintensität $\sigma_{max.}$ zu, und zwar scheint das Anschliessen an diesen Grenzwert ein asymptotisches zu sein. Nachdem Weiss gefunden hat, dass es für Kohlswa-Eisen und Nickel ein hyperbolisches ist, darf man wohl hier das gleiche annehmen. Bei den Fehlergrenzen der angewendeten Methode lässt sich allerdings nichts Bestimmtes darüber sagen. — In den schwachen Feldern haben beide Kurven einen gemeinsamen Verlauf bis dahin, wo sich in den Kurven für σ, resp. für σ_p, als Funktion der Azimute die einzelnen Achsen abzuheben beginnen; dann bleibt die Kurve für die 4-zähligen Achsen in den mittleren Feldern beständig über der andern, welche sie erst in hohen Feldern

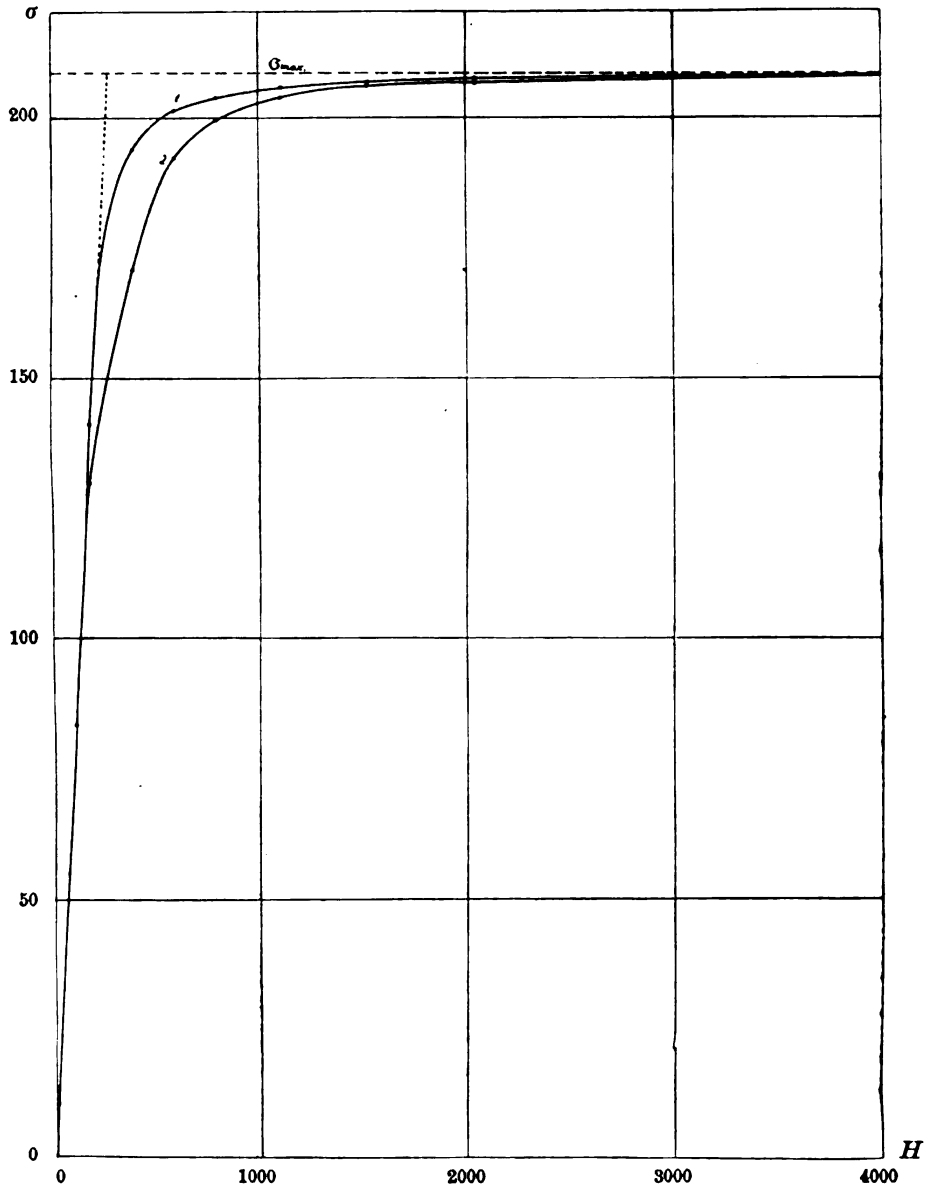


Fig. 8: Platte V_2; $\sigma(H)$.
$1: \gamma = 0^0$ $2: \gamma = 45^0$

wieder erreicht, und zwar ist auf Grund der Rechnungen über die Magnetisierungsenergie anzunehmen, dass hier die Annäherung der Kurven aneinander eine engere ist als eine hyperbolische. — Die $\sigma_{(H)}$-Kurven weisen in den kleinen Feldern, je nach dem Azimut bis mehr oder weniger weit hinauf, den Charakter von Geraden auf, doch scheint es nicht erlaubt, hier auf verschiedene typische Geraden zu schliessen wie beim Pyrrhotin. Der Umstand, dass sich die

Kurven erst in Feldern von über 100 Gauss trennen (siehe Kurven für σ_p), beweist, dass im untersten Teil die Kurven, von den kleinen Unregelmässigkeiten abgesehen, für alle Azimute zusammenfallen, dass also die Richtung aller Anfangsgeraden dieselbe wäre. Wollte man wie beim Pyrrhotin für die Richtung der leichten und die der schweren Magnetisierbarkeit zwei von Anfang an getrennte Geraden annehmen, so müssten die Kurven für σ_p auch für kleinste H prozentual die gleichen Variationen aufweisen wie in mittleren H, was aber nicht der Fall ist. Berücksichtigt man ferner, dass in den schwachen Feldern kleine Unregelmässigkeiten in der Form durch die Selbstentmagnetisierung die kristallographischen Anisotropien verwischen oder gar verdecken können, wird man überhaupt davon abstehen müssen, für das Gebiet der schwachen Felder aus den vorliegenden Beobachtungen genaue Schlüsse zu ziehen.

Die Neigung dieser anfänglichen Geraden ist nicht für alle Platten die gleiche, doch scheinen diese Differenzen zum grossen Teil auf die Unterschiede in den Entmagnetisierungskoeffizienten zurückgeführt werden zu können. Die verlängerte anfängliche Gerade in Fig. 8 schneidet die Sättigungsgerade bei 275 Gauss; wollte man die Selbstentmagnetisierung berücksichtigen, so wären in einem angenäherten Verfahren die $\sigma_{(H)}$-Kurven nach einer Geraden zurückzuscheren, die die Sättigungsgerade in diesem speziellen Fall bei 206 Gauss schneidet, so dass in dem durch die Scherung gewonnenen neuen Koordinatensystem die anfängliche Gerade die letztere noch bei 69 Gauss schneiden würde. Für die Platte VII_1 (siehe Fig. 13) bekommt man durch die entsprechende Transformation ebenfalls gerade 69 Gauss (aus 206 und 137), was die Vermutung nahelegt, dass die Differenzen der Neigungen in andern Platten, für welche die dazu nötigen Beobachtungen und Rechnungen nicht vollständig durchgeführt worden waren, auf die gleiche Art, wenn auch nicht mit so genauer Übereinstimmung, wie sie hier zufällig vorkommt, erklärt werden können. Bedenkt man weiter, dass die Entmagnetisierung nur nach einer Näherungsformel berechnet wurde, und zwar mit Grössen, deren Genauigkeit eine ziemlich beschränkte ist, so gelangt man zu der Annahme, dass in allen Platten die Abweichung der anfänglichen Geraden von der σ-Achse nach Elimination der Selbstentmagnetisierung eine sehr geringe, vielleicht kaum von Null verschiedene wäre.

Bei den unregelmässigeren Stücken verlaufen die zwei Kurven für die 4-zähligen Achsen und ebenso die für die 2-zähligen Achsen nicht genau gleich, und zwar findet für entsprechende Kurven in der Gegend der Inversion ihres Unterschiedes ein Schnitt statt.

B. Die Rhombendodekaederfläche.

Unter den Platten, die in dieser Fläche geschnitten wurden, ist VII_1 eine besonders regelmässige. Figur 9 (siehe Taf. I) gibt für diese Platte $\sigma_{p(\varphi)}$ für die verschiedenen H. Die Platte enthält bei 0°, resp. 180°, die eine 4-zählige Achse, bei 90° die eine 2-zählige, und bei 55° und 125° je eine 3-zählige (genau 54° 44′ und 125° 16′). In den mittleren Feldern erkennt man hier wieder die schon besprochenen Unterschiede zwischen den 4-zähligen und den 2-zähligen Achsen. Daneben erweisen sich die Richtungen der 3-zähligen Achsen durchwegs als magnetisch härter als die beiden andern, so dass σ_p für die 2-zählige Achse zwischen den beiden 3-zähligen ein Maximum aufweist, das allerdings entsprechend kleiner ist als das für die 4-zählige. — Bei stärkeren Feldern sind ebenfalls Spuren von Maxima in den Richtungen der 3-zähligen Achsen vorhanden, die durch die Ablenkung von σ gegenüber H hervorgerufen sind, doch tritt die Erscheinung wegen der ungünstigen Form der Kurven viel weniger scharf zutage als bei den Würfelplatten und äussert sich hauptsächlich in einer Annäherung der Minima an die 4-zähligen Achsen. Auch hier verschwinden die Unterschiede in den starken Feldern vollständig. Von den beobachteten Zahlen gebe ich die folgenden wieder:

Platte VII_1 (Rhombendodekaederfläche): $\sigma_{p(\varphi)}$.

φ	$H=71$	111	189	1110	4090
5,0°	78,2	114,3	167,2	212,0	—
15,0°	78,2	113,7	163,3	211,5	214,7
25,0°	77,9	112,5	155,5	210,6	—
35,0°	77,4	110,5	147,3	210,0	214,7
45,0°	76,8	108,6	140,4	210,2	—
55,0°	76,1	107,4	136,8	210,8	214,8
65,0°	75,5	106,9	138,3	211,2	—
75,0°	75,0	107,4	142,8	211,5	214,8
85,0°	74,7	107,7	148,7	212,1	—
95,0°	74,5	107,5	148,3	212,3	215,0
105,0°	74,7	107,2	144,9	212,0	—
115,0°	75,0	106,8	139,8	211,6	214,8
125,0°	75,6	107,1	137,7	211,3	—
135,0°	76,1	108,1	140,1	210,6	214,7
145,0°	76,7	109,8	147,0	210,2	—
155,0°	77,3	111,6	155,1	210,5	214,5
165,0°	77,7	113,6	163,2	211,2	—
175,0°	78,0	114,0	167,4	212,0	214,5

Was die Unsymmetrien betrifft, so können sie sich bei diesen Platten nur für die zwei 3-zähligen Achsen geltend machen, die wieder ganz kleine Unterschiede gegeneinander aufweisen. Für ganz schwache Felder verschwinden auch hier die charakteristischen Unterschiede zwischen den Achsen, um scheinbar zufälligen Schwankungen Platz zu machen. Speziell bei der Platte VII_1 zeigt sich für sehr starke Felder noch ein schwaches Hinausgehen der 2-zähligen Achse über die 4-zählige in der Magnetisierungsintensität, was mir aber nicht von wesentlicher Bedeutung zu sein scheint. Die Unterschiede in den magnetischen Härten zwischen den verschiedenen Richtungen schwanken für die einzelnen Platten innerhalb nicht sehr beträchtlicher Grenzen.

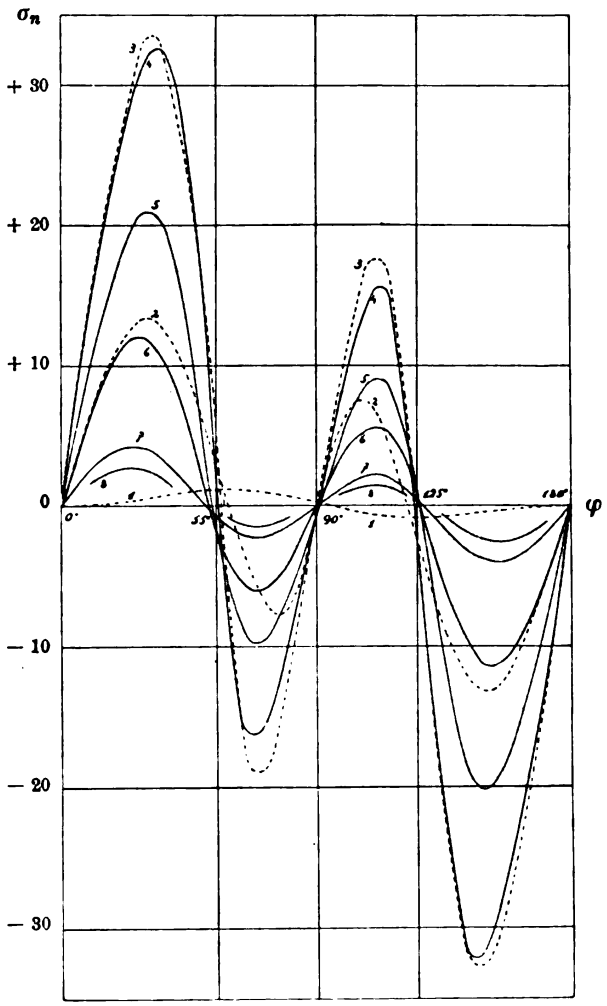


Fig. 10: Platte VII_1; $\sigma_n(\varphi)$.

1 : H = 71 Gauss	5 : H = 1110 Gauss
2 : H = 189 „	6 : H = 2050 „
3 : H = 392 „	7 : H = 6000 „
4 : H = 595 „	8 : H = 9420 „

Die normalen Komponenten σ_n weisen wieder in den Achsenrichtungen die vier Nullstellen auf (Fig. 10), nur sind hier die beiden Maxima rechts und links der 2-zähligen Achse kleiner als die zu beiden Seiten der 4-zähligen, wie zu erwarten war, weil der Unterschied in der Magnetisierungsintensität zwischen den 3-zähligen Achsen und der 2-zähligen viel geringer ist als der zwischen den 3-zähligen und der 4-zähligen. Die Amplituden der Kurven haben gleichfalls ein Maximum in den mittleren Feldern und

werden bei stärker werdendem H wie in der Platte V_2 langsam kleiner, indem sie auch umgekehrt proportional zu H werden. Für kleine Felder hat man entsprechend dem Vorgang für σ_p wieder die schwachen Unterschiede zwischen den beiden Quadranten. — Einige Zahlenreihen sind:

Platte VII_1 (Rhombendodekaederfläche): $\sigma_{n(\varphi)}$.

$H = 71$		$H = 189$		$H = 595$		$H = 2050$		$H = 9420$	
φ	σ_n	φ	σ_n	φ	σ_n	φ	σ_n	φ	σ_n
						2,7°	+ 1,85	2,6°	+ 0,45
8,4°	0,00	8,3°	+ 4,80	7,3°	+ 9,45				
						10,8°	6,55	10,4°	1,60
18,4°	+ 0,20	18,1°	10,20	16,1°	19,90				
						19,2°	10,35	18,9°	2,45
28,4°	0,30	28,0°	13,25	25,1°	28,55	23,7°	11,55	23,4°	2,70
				29,8°	31,45	28,5°	12,00	28,5°	2,65
38,4°	0,70	38,0°	12,15	34,6°	32,70	33,9°	11,25	34,1°	2,30
				39,8°	31,25	39,9°	+ 8,75	40,4°	+ 1,60
48,4°	1,05	48,2°	7,35	45,5°	+24,75				
						53,7°	— 0,70	54,0°	— 0,35
58,4°	1,20	58,4°	+ 0,35	59,3°	— 8,35				
				65,2°	15,80	65,6°	5,70	65,9°	1,40
68,4°	1,05	68,6°	— 5,50	70,2°	16,15	70,7°	5,95	70,1°	1,45
				75,0°	14,05	75,5°	5,30	75,7°	1,30
78,4°	0,75	78,6°	7,60	79,6°	10,65				
						84,4°	— 2,55	84,5°	— 0,60
88,4°	+ 0,35	88,4°	— 2,15	88,6°	— 2,25				
						93,0°	+ 0,90	92,9°	+ 0,30
98,4°	— 0,15	98,3°	+ 5,25	97,6°	+ 6,50				
						101,8°	4,05	101,4°	1,10
108,4°	0,50	108,2°	7,50	106,9°	13,55	106,4°	5,10	105,9°	1,35
				111,6°	15,55	111,3°	5,50	110,7°	1,45
118,4°	0,75	118,4°	+ 2,60	116,7°	+14,80	116,4°	+ 5,05	116,0°	1,35
128,4°	0,85	128,5°	— 4,55	129,9°	—13,40	128,7°	— 0,70	128,1°	+ 0,20
138,4°	0,65	138,7°	10,45	142,0°	31,50	142,2°	9,35	141,5°	— 1,70
				147,1°	32,15	147,9°	11,15	147,7°	2,30
148,4°	0,50	148,8°	13,30	151,8°	30,35	153,0°	11,40	153,1°	2,55
						157,7°	10,70	158,0°	2,50
158,4°	0,30	158,8°	11,55	161,0°	22,90				
						166,4°	7,55	166,9°	1,85
168,4°	0,15	168,6°	6,50	169,8°	12,95				
						174,6°	— 3,10	174,8°	— 0,80
178,4°	— 0,05	178,5°	— 0,95	178,6°	— 1,80				

Es sollen hier in Figur 11 noch die Kurven von σ_n für die Platte VI wiedergegeben werden, welche zeigen, dass auch bei dem Unterschied zwischen den zwei 3-zähligen Achsen in den mittleren Feldern eine Inversion auftreten kann. Der starke Unterschied zwischen den zwei 3-zähligen Achsen bei 189 Gauss ist bei 392 Gauss fast völlig verschwunden, und bei ganz starkem Feld zeigen die Unterschiede zwischen den beiden grossen oder kleinen Maxima wieder die vollständige Umkehrung des Vorzeichens.

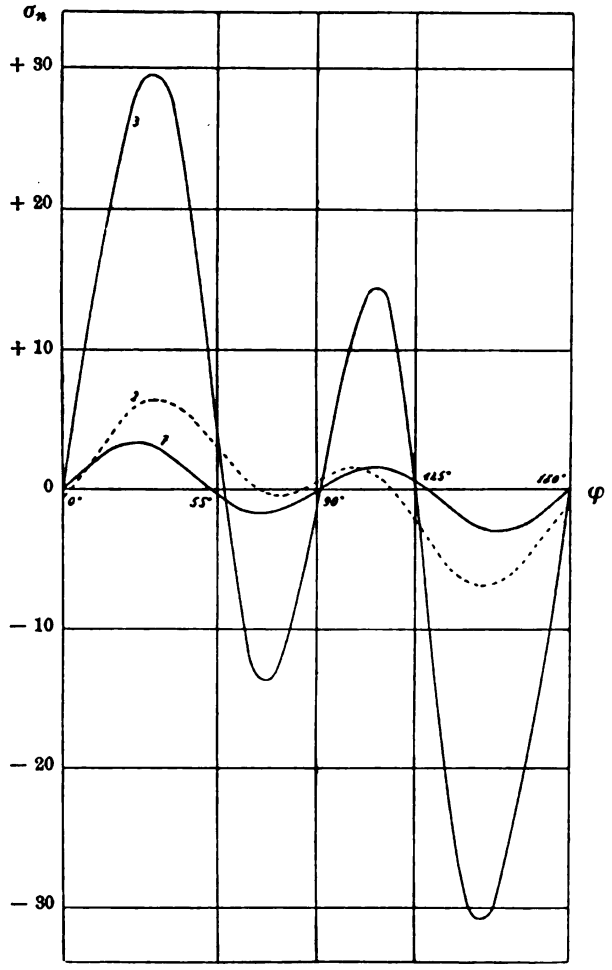


Fig. 11: Platte VI; $\sigma_n(\varphi)$.
2: $H = 189$ Gauss 3: $H = 392$ Gauss
7: $H = 8260$ Gauss

σ selbst lässt sich ebenfalls durch ähnliche Kurven darstellen wie σ_p; die Bemerkungen dazu wären ungefähr dieselben wie für die Würfelplatten. Figur 12 (siehe S. 144) zeigt auch hier die Zusammensetzung der beiden Komponenten für zwei Quadranten. Für mittlere Felder ist hier die Kurve, in welche sich die σ-Kurve hineinlegt, nicht wie bei den Würfelplatten ein Kreis, sondern eine Ellipse, die allerdings bei starken Feldern eine immer kleinere Exzentrizität bekommt und schliesslich in den Sättigungskreis übergeht.

Entsprechend den Kurven $\sigma_{(H)}$ für bestimmte Azimute bei den Würfelplatten kann man auch solche für die Rhombendodekaederplatten konstruieren, nur hat man im letzteren Falle drei charakteristische Kurven, entsprechend den drei Arten von Achsen, die

die Platte enthält (Fig. 13, nebenstehend). Auch in dieser Figur ist die Kurve für $\gamma = 55^0$, die der 3-zähligen Achse entspricht, das Mittel aus den beiden Quadranten. Es ist, wie schon oben erwähnt wurde, ein Spezialfall der Platte VII_1, dass die Kurve für $\gamma = 90^0$ in den starken Feldern etwas oberhalb der Kurve für $\gamma = 0^0$ verläuft, doch streben alle gegen die gleiche Sättigungsintensität hin. Spätere Rechnungen werden zeigen, dass auch hier die Annäherung der einzelnen Kurven aneinander eine engere sein muss als diejenige an die Gerade, welche der Sättigungsintensität entspricht.

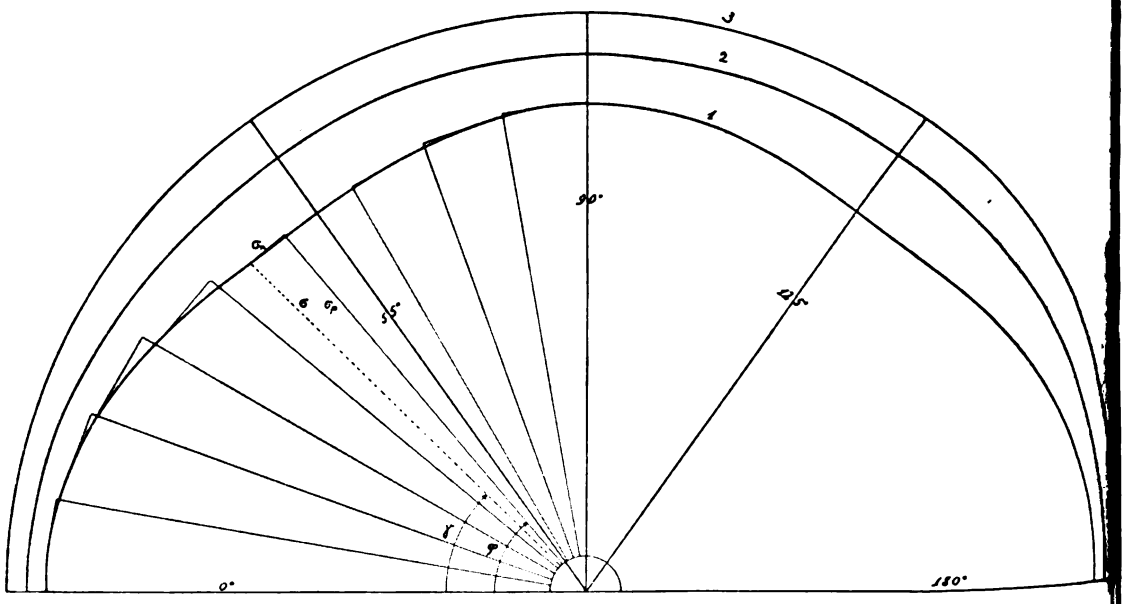


Fig. 12: Platte VII_1; $\sigma(\gamma)$.

1 : $H = 392$ Gauss 2 : $H = 595$ Gauss 3 : $H = \infty$

C. Die Oktaederfläche.

Wesentlich anders sind die Resultate in den Platten parallel zur Oktaederfläche, welche von den Kristallachsen nur drei 2-zählige enthält, die einen Winkel von je 120° (resp. 60°) miteinander bilden. Wenn sich also im Bereich von 0—180° Schwankungen der Magnetisierung zeigen, so müssen diese sich darin dreimal wiederholen.

Für die Kurven $\sigma_{p(\varphi)}$ der Platte VIII_1 ist dies in den mittleren Feldern in der Tat auch der Fall, und zwar hat σ_p je ein Maximum in der Richtung der 2-zähligen Achse (0°, 60°, 120° in Figur 14, siehe Taf. I). Noch im Bereich der mittleren Felder tritt indessen

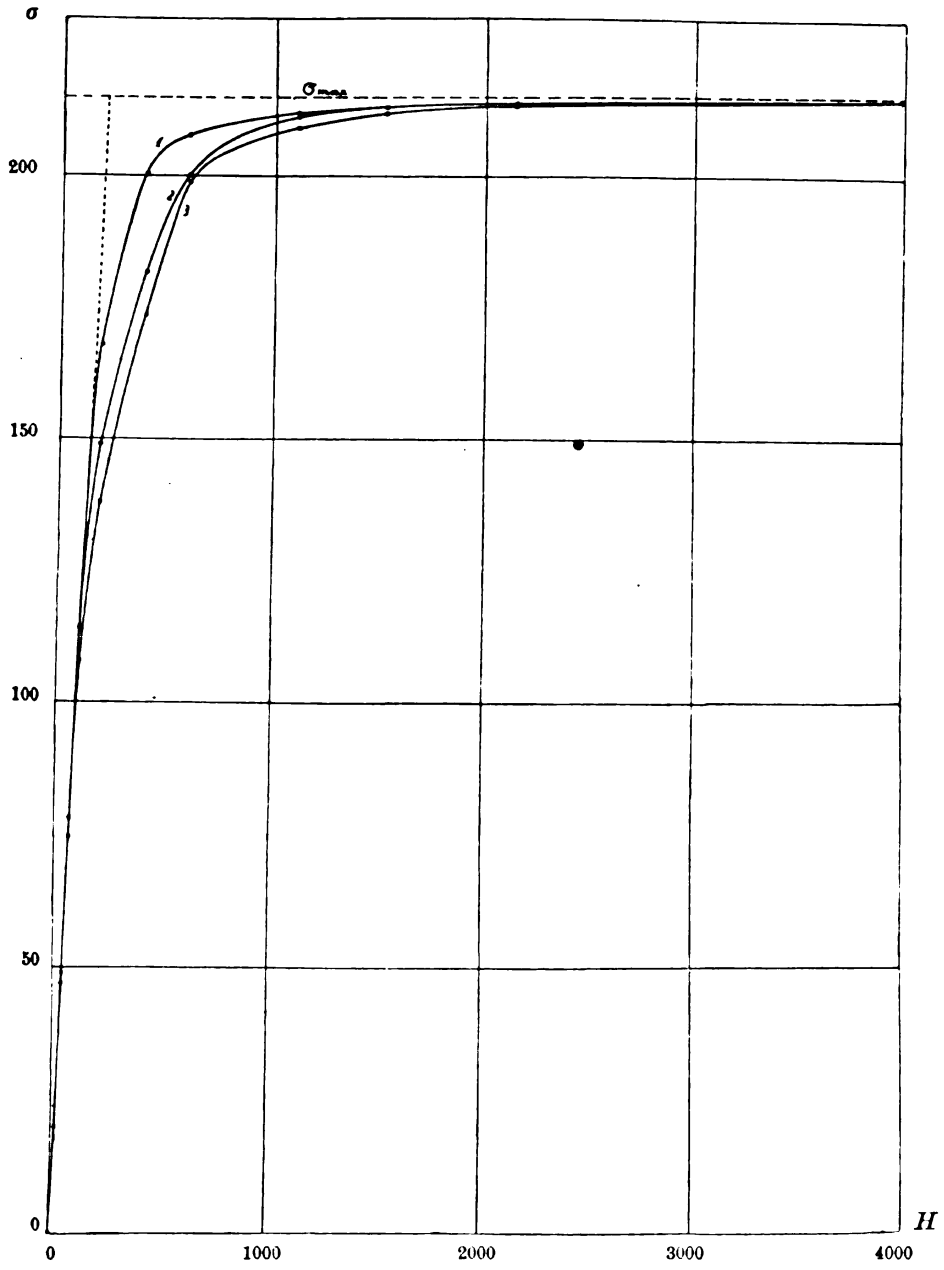


Fig. 13: Platte VII_1; $\sigma(H)$.
$1: \gamma = 0^0$ $2: \gamma = 90^0$ $3: \gamma = 55^0$

eine vollständige Inversion dieser Variation ein, indem in den Richtungen der 2-zähligen Achsen Minima erscheinen. Alle diese Variationen verschwinden wieder mit starkem H, und ebenso zeigt diese Platte für kleines H fast gar keine Schwankungen von σ_μ, wie die folgenden Zahlen zeigen:

Platte VIII_1 (Oktaederfläche): $\sigma_{p(\varphi)}$.

φ	$H = 111$	189	392	595	798	4090
5,0°	73,8	118,5	164,5	185,9	198,7	—
15,0°	74,0	117,4	163,8	187,2	199,3	206,6
25,0°	73,8	116,6	161,7	189,3	200,1	—
35,0°	73,8	116,6	162,0	188,7	200,0	206,6
45,0°	73,8	117,4	163,5	186,7	199,1	—
55,0°	73,6	118,1	164,2	185,7	198,5	206,6
65,0°	73,6	117,7	164,2	185,9	198,5	—
75,0°	73,8	116,4	163,5	187,0	198,8	206,6
85,0°	73,8	115,8	161,7	189,0	199,4	—
95,0°	73,8	115,8•	161,7	188,2	199,1	206,5
105,0°	73,8	117,0	163,1	186,2	198,5	—
115,0°	74,0	118,0	163,7	185,3	198,0	206,5
125,0°	74,0	118,1	163,7	185,6	198,4	—
135,0°	74,0	117,2	163,2	187,0	198,8	206,5
145,0°	74,0	116,4	161,9	189,3	199,8	—
155,0°	74,1	116,4	162,4	188,8	199,8	206,5
165,0°	74,1	117,6	164,2	186,9	199,0	—
175,0°	74,0	118,5	164,5	185,7	198,5	206,6

Bei andern Platten derselben Orientierung ist das letztere immerhin nicht in so hohem Masse der Fall, doch scheint die dort auftretende ganz kleine Schwankung in keiner Beziehung zu den Achsen zu stehen. — Die genannte Inversion der σ_p-Kurve ist bei allen vier untersuchten Platten von dieser Orientierung beobachtet worden, und zwar in der gleichen Art und in der gleichen Grössenordnung. Die Schwankungen von σ_p sind überhaupt in diesen Platten verhältnismässig recht klein, so dass ihre Grössenordnung direkt einen Vergleich mit den Ungleichheiten zulässt, die die Würfelplatten für je zwei gleichzählige Achsen aufweisen. Mit diesen Ungleichheiten haben sie ferner die Änderung des Vorzeichens in den mittleren Feldern gemeinsam. Es ist daher möglich, dass beide Abweichungen von der regulären Symmetrie im Grunde dieselbe Ursache haben, wenn auch der Beweis dafür nicht direkt erbracht worden ist. Es war eben nicht möglich, aus dem gleichen Kristall Platten in der Richtung der Würfelfläche und solche in der der Oktaederfläche herauszuschneiden, weil die Ausdehnung der zur Verfügung stehenden Stücke dies nicht gestattete. Ein Eisenkristall, dessen Würfelseiten Magnetisierungskurven von vollständiger regulärer Symmetrie ergäben, würde nach einer solchen Annahme in der Oktaederfläche überhaupt keine Variation von σ_p in Funktion

des Azimutes aufweisen. — Auch für Magnetit ist eine entsprechende Erscheinung nachgewiesen worden. Weiss, dessen Messungen nur in einem einzigen Felde ausgeführt worden waren, hielt diese Variationen dort für Versuchs- oder Orientierungsfehler, während sie Quittner als wirklich bestehend nachgewiesen hat, ebenso wie ihre Inversion.

In der Platte VIII_1 zeigen sich zwischen den einzelnen 2-zähligen Achsen sozusagen keine Differenzen, während das bei den andern Oktaederplatten nicht in so hohem Masse der Fall ist. — Bei dem von Quittner untersuchten Magnetit sind die Variationen nach der erforderten Symmetrie, sowie die Abweichungen davon, viel stärker als bei meinen Messungen.

Entsprechend den geringen Variationen von σ_p erreicht auch σ_n nie sehr grosse Werte. Die Figur 15 und die folgenden Zahlen geben darüber Aufschluss.

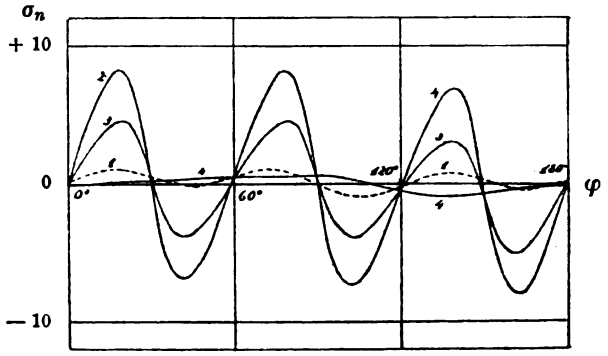


Fig. 15: Platte VIII_1; $\sigma_n(\varphi)$.
1 : $H = 189$ Gauss 3 : $H = 595$ Gauss
2 : $H = 392$ „ 4 : $H = 1110$ „

Platte VIII_1 (Oktaederfläche): $\sigma_{n(\varphi)}$.

φ	$H = 189$	392	595	1110	9420
4,5°	+ 0,55	+ 2,75	+ 1,55	− 0,05	0,00
14,5°	1,05	7,60	4,10	+ 0,10	+ 0,05
24,5°	0,85	+ 6,25	+ 3,80	0,25	0,05
34,5°	+ 0,25	− 4,35	− 2,15	0,35	0,10
44,5°	− 0,05	6,55	3,55	0,45	0,10
54,5°	+ 0,30	− 2,40	− 1,35	0,50	0,15
64,5°	0,80	+ 3,10	+ 1,75	0,45	0,15
74,5°	1,00	7,60	4,20	0,50	0,15
84,5°	+ 0,45	+ 5,80	+ 3,65	0,65	0,15
94,5°	− 0,45	− 4,75	− 2,30	0,60	0,15
104,5°	0,90	7,10	3,80	+ 0,25	+ 0,10
114,5°	− 0,55	− 3,15	− 1,90	− 0,25	0,00
124,5°	+ 0,20	+ 2,00	+ 0,85	0,65	− 0,05
134,5°	0,70	6,15	2,85	0,85	0,15
144,5°	+ 0,55	+ 5,10	+ 1,95	0,80	0,15
154,5°	− 0,10	− 5,15	− 3,50	0,65	0,15
164,5°	0,40	7,80	4,10	0,30	0,10
174,5°	− 0,15	− 3,15	− 1,65	− 0,10	− 0,05

Bei diesen Kurven treten die kleinen Ungleichheiten zwischen den einzelnen Azimuten etwas deutlicher zutage als bei denen für σ_p. σ_n beschreibt im allgemeinen zwischen 0° und 180° drei vollständige sinusförmige Kurven. Auffallend ist, dass σ_n die Inversion der σ_p-Kurven nicht aufweist, indem sich Wellenberg und Wellental nicht gegeneinander verschieben, und dass daher oberhalb der Inversion σ näher an der Richtung bleibt, für die σ_p ein Minimum hat. Auf den Grund davon wird bei den Energieberechnungen näher eingetreten werden. Die Amplitude der Variation von σ_n erreicht früher als bei anders orientierten Platten ihr Maximum, nimmt aber schon bei mässig starkem H sehr rasch ab und verschwindet für stärkere H fast ganz. So bleibt bei 1110 Gauss nur noch eine sehr schwach gekrümmte Kurve übrig, die mit der Symmetrie der Platte in keinem Zusammenhang mehr zu stehen scheint. Auch ihre Amplitude nimmt mit weiter wachsendem H angenähert hyperbolisch ab, weil die noch übrigbleibenden kleinen Drehmomente sich in sehr hohen Feldern kaum mehr ändern.

Wegen der geringen Variation von σ_p wird für diese Platte von einer Kombination der beiden Komponenten in der Zeichnung Umgang genommen, da die betreffenden Kurven sich bei dem anwendbaren Masstab zu wenig von Kreisen entfernen. Entsprechendes gilt für die Magnetisierungskurven für ein bestimmtes Azimut mit variablem H: die Kurven bieten nichts Neues und decken sich fast vollständig. Von Interesse wären übrigens bloss die Kurven für die Richtung einer 2-zähligen Achse in die um 30° davon verschiedene (Projektion einer Würfelkante auf die Oktaederfläche). Diese schneiden sich in den mittleren Feldern im Gebiete der Inversion; für kleines H und ebenso für starkes fallen sie vollständig zusammen.

2. Das Drehmoment.

Die Messungen der Magnetisierungsintensität haben ergeben, dass die hauptsächlichsten Unterschiede derselben in den verschiedenen Richtungen des Kristalls sich in den mittleren Feldern zeigen, also gerade dort, wo bis jetzt an ferromagnetischen Substanzen noch am wenigsten ausgearbeitete Ergebnisse vorliegen, im Gegensatz zu den schwachen Feldern (anfängliche Suszeptibilität) und den sehr starken (Sättigungsintensität). Sie eignen sich deswegen, und auch weil sie in den Details beträchtliche Abweichungen voneinander aufweisen, nur schlecht zur Charakterisierung des magnetischen Verhaltens der Kristalle, und es muss womöglich eine andere Grösse

gesucht werden, die hiefür günstiger ist. Eine solche findet sich im Drehmoment, das bei einer Drehung der Plättchen im Felde entsteht, und aus dessen Beobachtung σ_n erst abgeleitet wurde. Es wurde ja

$$D = H \cdot m \cdot \sigma_n = m \cdot D_1$$

($D_1 = \frac{D}{m}$ = Drehmoment pro Gramm) in Funktion von φ beobachtet, und zwar je für ein bestimmtes H. Die D_1-Kurven und die σ_n-Kurven unterscheiden sich also nur durch einen andern Ordinatenmasstab, der allerdings mit jedem H ändert. Die Form der D_1-Kurven ist somit genau dieselbe wie die der σ_n-Kurven, so dass darüber nichts Weiteres gesagt werden muss.

Das Charakteristische der D_1-Kurven ist folglich ihre Amplitude, und da hat sich gezeigt, dass diese in allen Platten einem Maximum zustrebt für $H = \infty$. Die Figuren 16, 17 und 18 zeigen $D_{1(\varphi)}$ für

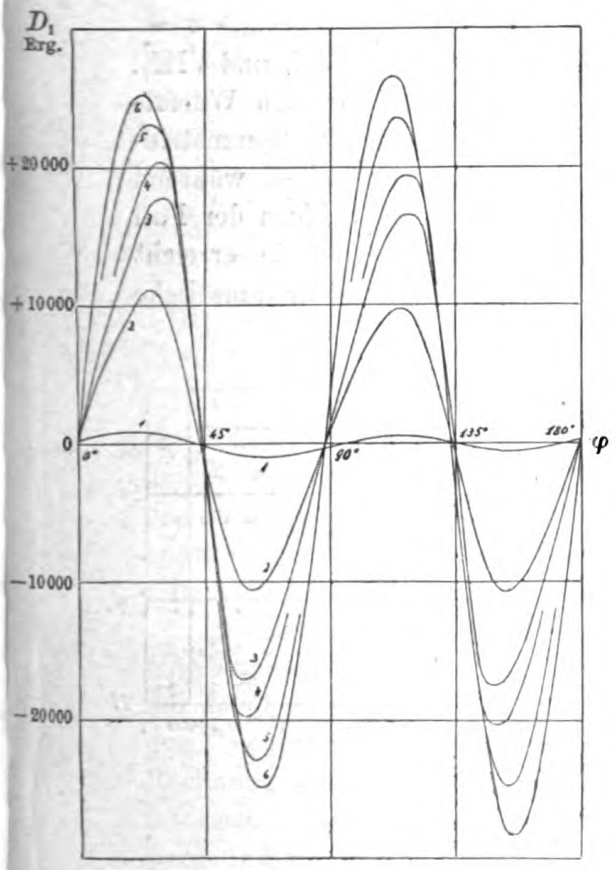


Fig. 16: Platte V_2; $D_1(\varphi)$.

1 : H = 189 Gauss
2 : H = 392 „
3 : H = 595 „
4 : H = 798 Gauss
5 : H = 2050 „
6 : H = 8260 „

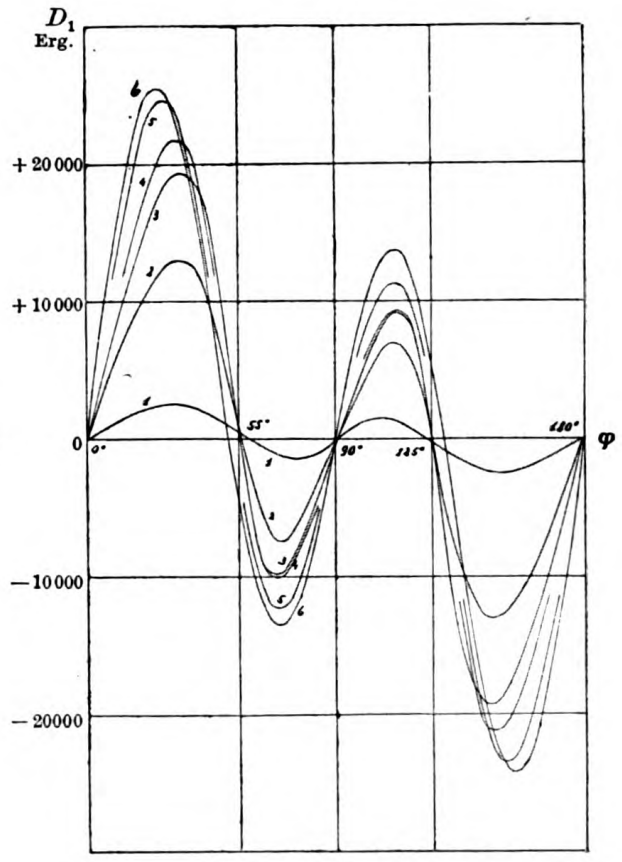


Fig. 17: Platte VII_1; $D_1(\varphi)$.

1 : H = 189 Gauss
2 : H = 392 „
3 : H = 595 „
4 : H = 798 Gauss
5 : H = 2050 „
6 : H = 8260 „

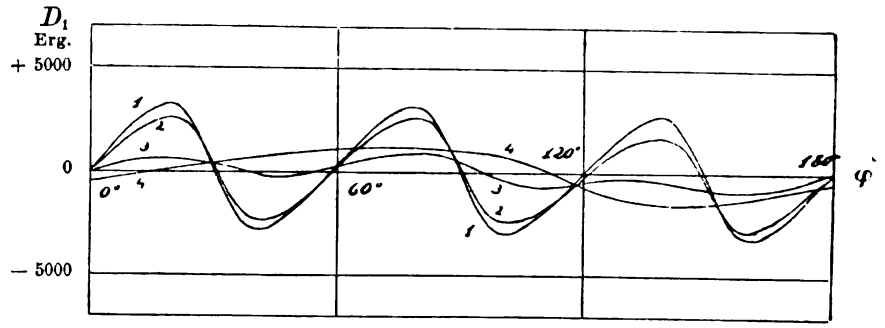


Fig. 18: Platte VIII_1; D_1 (φ).

1: $H = 392$ Gauss 2: $H = 595$ Gauss
3: $H = 798$ „ 4: $H = 8260$ „

verschiedene H für die drei ausgewählten Platten V_2, VII_1 und VIII_1. Sie weisen in der Tat, wie schon die σ_n-Kurven, in den Würfel- und Rhombendodekaederplatten Perioden auf, die mit den Symmetrieverhältnissen der Platten im engsten Zusammenhang stehen, während dies in den Oktaederplatten nur in den mittleren Feldern der Fall ist. — Über die Art, wie das Maximum der Amplitude erreicht wird, gibt Figur 19 Aufschluss. Es ist dabei das arithmetische

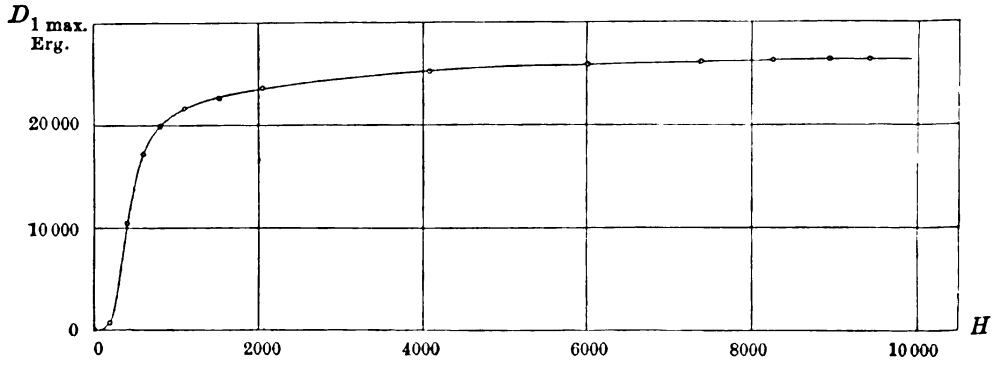


Fig. 19: Platte V_2; $D_{1\,max.}$ (H).

Mittel der vier $D_{1\,max.}$, absolut genommen, für die Würfelplatte V_2 in Funktion von H aufgetragen. Die entsprechenden Zahlen sind:

H	$D_{1\,max.}$ (Mittel)
189 Gauss	750 Erg
392	11500
595	17200
798	19950
1110	21600
1527	22600
2050	23600
4090	25200
6000	25800
7380	26100
8260	26300
8940	26400
9420	26500

Man ersieht daraus, dass das maximale Moment bei $H = 7000$ Gauss bis auf etwa 3% erreicht ist. Die D_1-Kurven streben also für wachsende H einer bestimmten, offenbar typischen Form zu, und können so zur Charakterisierung des Kristalls mit Vorteil verwendet werden. Die Figur 19 enthält auch den Beweis dafür, dass σ_n für grössere H für ein bestimmtes Azimut wie $\frac{1}{H}$ abnimmt.

3. Die Magnetisierungsenergie.

Die Drehmomente sind nun aber Grössen, die von der Lage des Kristalls zu einem äusseren Felde abhängen; es empfiehlt sich daher, eine mit ihnen zusammenhängende Grösse zu suchen, die diesen Nachteil nicht aufweist. Sie findet sich in der Magnetisierungsenergie. Im Anschluss an Weiss und Quittner[1]) lässt sich darüber folgendes ausführen:

Werden alle Elemente eines magnetisierbaren Körpers aus dem Unendlichen an einen beliebigen Ort des Raumes gebracht, so ist die dabei geleistete Arbeit von der Art der Bewegung und der Form des Weges unabhängig. Es darf daher zur Vereinfachung der Rechnung angenommen werden, dass die Bewegung eine rein translatorische war, so dass die Arbeit der Drehmomente gleich Null wird und einzig die Kräfte Arbeit geleistet haben. Die Komponenten dieser Kräfte sind pro Volumenelement δv:

[1]) P. Weiss, J. de Phys. 1904.
V. Quittner, loc. cit.

$$F_x = \delta v \cdot I_x \cdot \frac{\partial H_x}{\partial x}$$

$$F_y = \delta v \cdot I_y \cdot \frac{\partial H_y}{\partial y}$$

$$F_z = \delta v \cdot I_z \cdot \frac{\partial H_z}{\partial z}.$$

Beschreibt der Magnet nun einen weiteren Weg mit den Komponenten dx, dy, dz, so ist die dabei geleistete Arbeit

$$dA = \delta v \int (I_x \cdot dH_x + I_y \cdot dH_y + I_z \cdot dH_z).$$

Bezeichnet man mit P das Potenzial des Magneten in bezug auf das Feld H pro Masseneinheit, so ist

$$P = -\int (\sigma_x \cdot dH_x + \sigma_y \cdot dH_y + \sigma_z \cdot dH_z)$$

oder

$$P = -(H_x \cdot \sigma_x + H_y \cdot \sigma_y + H_z \cdot \sigma_z) + \int (H_x \cdot d\sigma_x + H_y \cdot d\sigma_y + H_z \cdot d\sigma_z) = \Theta + \Pi.$$

Der Klammerausdruck Θ ist dabei das Potenzial der Lage des Magneten in bezug auf H, das Integral Π dagegen das Potenzial der induzierten Magnetisierung, das sich offenbar für die Beschreibung der Eigenschaften eines Magneten besser eignet als P. Π lässt sich wieder in zwei Teile zerlegen: die gegenseitige Energie der einzelnen Teile des Magneten zueinander und die innere Magnetisierungsenergie, was einer Zerlegung des äusseren Feldes H in ein entmagnetisierendes Feld und in ein inneres Feld entspricht. Es soll daher im folgenden, da wegen der Form der Plättchen die entmagnetisierenden Felder in den Richtungen von σ klein sind, von einer solchen Zerlegung kein Gebrauch gemacht werden.

Für diese Plättchen ist, wenn die z-Achse senkrecht zu ihrer Grundfläche angenommen wird:

$$\sigma_z = 0 \quad \text{und} \quad H_x = H \cdot \cos\varphi, \quad H_y = H \cdot \sin\varphi$$

$$\sigma_x = \sigma \cdot \cos\gamma, \qquad \sigma_y = H \cdot \sin\gamma.$$

Also: $$d\Pi = H \cdot \cos(\varphi - \gamma) \cdot d\sigma + H \cdot \sigma \cdot \sin(\varphi - \gamma) \cdot d\gamma$$

und: $$d\Pi = H_p \cdot d\sigma + H \cdot \sigma_n \cdot d\gamma = H_p \cdot d\sigma + D_1 \cdot d\gamma$$

wenn H_p die Komponente von H parallel zu σ und σ_n die Komponente von σ senkrecht zu H bedeutet.

Da $d\Pi$ ein vollständiges Differenzial sein muss, so gilt:

$$\frac{\partial H_p}{\partial \gamma} = \frac{\partial D_1}{\partial \sigma}.$$

In den Richtungen leichtester resp. schwerster Magnetisierbarkeit ist $[H_{p(\gamma)}]_\sigma$, d. h. die zu σ parallele Komponente von H in Funktion von γ für konstantes σ, ein Minimum, resp. Maximum, weil dort ein bestimmtes σ mit einem minimalen, resp. maximalen H erreichbar ist. Es ist daher dort

$$\frac{\partial H_p}{\partial \gamma} = 0 \quad \text{und} \quad \frac{\partial D_1}{\partial \sigma} = 0$$

d. h. in diesen Richtungen schneiden sich die $D_{1(\gamma)}$-Kurven. Aus Symmetriegründen müssen diese Schnittpunkte auf der γ-Achse liegen; es sind die schon oft erwähnten Achsenrichtungen. — Hat H_p einen minimalen Wert, so wird vor demselben $\frac{\partial H_p}{\partial \gamma} < 0$, nach demselben $\frac{\partial H_p}{\partial \gamma} > 0$. Das gleiche gilt für $\frac{\partial D_1}{\partial \sigma}$, und zwar für alle σ, wenn sich die Art des Extremums von H_p nicht ändert, wie dies allerdings bei den Oktaederplatten der Fall ist. Es muss also D_1 mit wachsendem σ vor dem Minimum von H_p abnehmen, nach dem Minimum zunehmen. Nun zeigt der Versuch, dass die D_1-Kurven einer maximalen Amplitude zustreben mit wachsendem σ; daher muss vor dem Minimum von H_p D_1 negativ, nach demselben positiv sein. In der Nähe der Richtungen leichtester Magnetisierbarkeit wirkt somit das Drehmoment einer Verdrehung entgegen, die Richtung stellt eine stabile Gleichgewichtslage dar. Entsprechend sind die Richtungen schwerster Magnetisierbarkeit labile Gleichgewichtslagen. Besonders diese letztere Erscheinung ist beim Pyrrhotin weit deutlicher ausgeprägt als beim Eisen.

Die einzelnen Glieder von

$$\Pi = \int H_p \cdot d\sigma + \int D_1 \cdot d\gamma = \Pi_1 + \Pi_2$$

lassen sich graphisch einfach darstellen. Es ist nämlich

$$\Pi = \int H_p \cdot d\sigma = \Pi_1 \quad \text{für } \gamma = \text{konst.}$$

Greift man eine der Richtungen heraus, wo σ parallel zu H ist, und zeichnet man die einfache Magnetisierungskurve $\sigma_{(H)}$ für diese Richtung (siehe die Figuren 8 und 13), so ist Π_1 gleich der Fläche zwischen der σ-Achse und der Kurve bis zur Höhe des betrachteten σ_1 (in Figur 20 wagrecht schraffiert, siehe S. 154). Um für den zweiten Ausdruck eine Darstellung zu haben, muss man die beobachteten Kurven $[D_{1(\varphi)}]_H$ umrechnen in Kurven $[D_{1(\gamma)}]_\sigma$. Diese haben für mittlere H ähnliche Gestalt wie die ersteren, für ganz grosse H wird aber bei $H = \text{konst.}$ auch $\sigma = \text{konst.}$, und, da σ_n verschwindend klein wird, auch $\gamma = \varphi$,

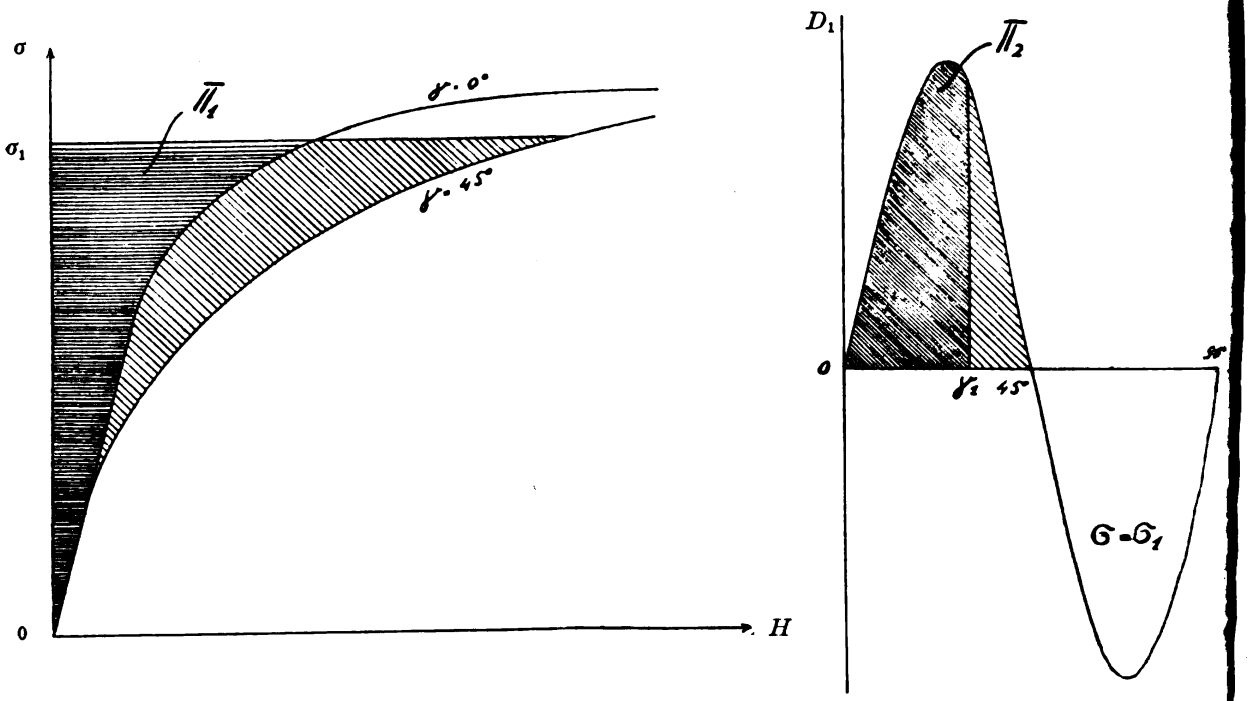


Fig. 20.

so dass die beiden Kurven identisch werden. Geht man nun bei konstantem σ von einer Achsenrichtung zu einer beliebigen andern (γ_1) über, so ist

$$\Delta \Pi = \int D_1 \cdot d\gamma = \Pi_2$$

gleich der von der D_1-Kurve, der γ-Achse und einer Senkrechten zu derselben umschlossenen Fläche (schräg eng schraffiert in Figur 20). Man kann somit graphisch Π für eine beliebige Grösse und Richtung von σ darstellen, indem man zuerst für eine der bevorzugten Richtungen, wo σ parallel zu H ist, Π_1 bestimmt und nachher von dieser Richtung bei konstantem σ in die gesuchte übergeht, indem man das entsprechende Π_2 misst. Gelangt man so bis zur nächsten bevorzugten Richtung, so ergibt sich eine Kontrolle, indem dann die von den beiden $\sigma_{(H)}$-Kurven eingeschlossene und von einer Parallelen zur H-Achse in der Höhe des betreffenden σ_1 begrenzte Fläche gleich dem entsprechenden Integral der $D_{1(\gamma)}$-Kurve sein muss (in Figur 20 schräg schraffiert).

Wenn man das von Weiss für Kohlswa-Eisen gefundene Resultat, dass sich die $\sigma_{(H)}$-Kurve einer zur H-Achse parallelen Asymptote hyperbolisch nähert, auch für die Eisenkristalle anwendet, so wird

für die Sättigung bei $H = \infty$ auch $\Pi_1 = \infty$. Dadurch wird allerdings auch $\Pi = \Pi_1 + \Pi_2 = \infty$, was einer Verwendung sowohl von Π, als auch von Π_1 zur Darstellung der Verhältnisse in starken Feldern hindernd entgegentritt. Dagegen bleibt aber Π_2, die Differenz von Π und Π_1, immer endlich, weil D_1 endlich bleibt, und zwar gehen für zwei verschiedene Richtungen von σ die Unterschiede in den Π_2 einer festen endlichen Grenze entgegen, die durch die Integration der Grenzkurve der D_1 erhalten wird. Es ist also dieses Π_2 offenbar eine, allerdings stark formale Grösse, die wie kaum eine andere zur Darstellung der magnetischen Eigenschaften der Eisenkristalle geeignet ist, solange man nicht, wie dies beim Pyrrhotin schon der Fall ist, einen besseren Einblick in den Mechanismus der Erscheinungen hat.

Um die Kurven, die zur Bestimmung von Π_2 nötig sind, zu gewinnen, wurden aus den Kurven für $[\sigma_{p(\varphi)}]_H$ und $[\sigma_{n(\varphi)}]_H$ für eine genügende Anzahl von Werten von φ die σ_p und σ_n entnommen und daraus die entsprechenden Werte von σ und $(\varphi - \gamma)$ berechnet. Daraus wurden die Kurven für $[\sigma_{(\gamma)}]_H$ und $[D_{1(\gamma)}]_H$ gewonnen, welche sich von den $\sigma_{(\varphi)}$- und $D_{1(\varphi)}$-Kurven dadurch unterscheiden, dass die Punkte zwischen je zwei Achsen von verschiedener Magnetisierbarkeit gegen diejenige mit leichterer Magnetisierbarkeit hin verschoben sind. Nun wurden für bestimmte Werte von γ die Kurven für $[\sigma_{(H)}]_\gamma$ gezeichnet und daraus die Werte von $[H_{(\gamma)}]_\sigma$ für eine Anzahl von Werten von σ entnommen. Für die gleichen Werte von γ, für welche die $[\sigma_{(H)}]_\gamma$-Kurven gezeichnet worden waren, wurden nun aus den $[D_{1(\gamma)}]_H$-Kurven die Werte von $[D_{1(H)}]_\gamma$ entnommen und die entsprechenden Kurven gezeichnet. Mit den Werten von $[H_{(\gamma)}]_\sigma$ wurden schliesslich daraus die gesuchten Kurven für $[D_{1(\gamma)}]_\sigma$ konstruiert und diese letzteren integriert.

Über den Verlauf der Grössen Π_1 und Π_2 in Funktion von σ in der Würfelfläche geben die folgenden Kurven Aufschluss, die nach den Beobachtungen an der Platte V_2 gezeichnet sind, und zwar wurden dieselben dabei derart schematisiert, dass nur ein Oktant berechnet wurde als Mittel aus allen acht Oktanten. Die Kurven für Π_2 sind jeweilen für den ganzen Halbkreis gezeichnet; sie werden dadurch natürlich vollständig symmetrisch für die Richtungen $\gamma = 90^0$ und $\gamma = 45^0$, resp. 135^0, was in Wirklichkeit nie ganz so beobachtet wurde. Die Figur 21 (siehe S. 156) enthält Π_1 für die ausgezeichneten Richtungen der leichtesten und schwersten Magnetisierbarkeit ($\gamma = 0^0$ und 45^0). Die Kurven verlaufen für kleine σ zunächst para-

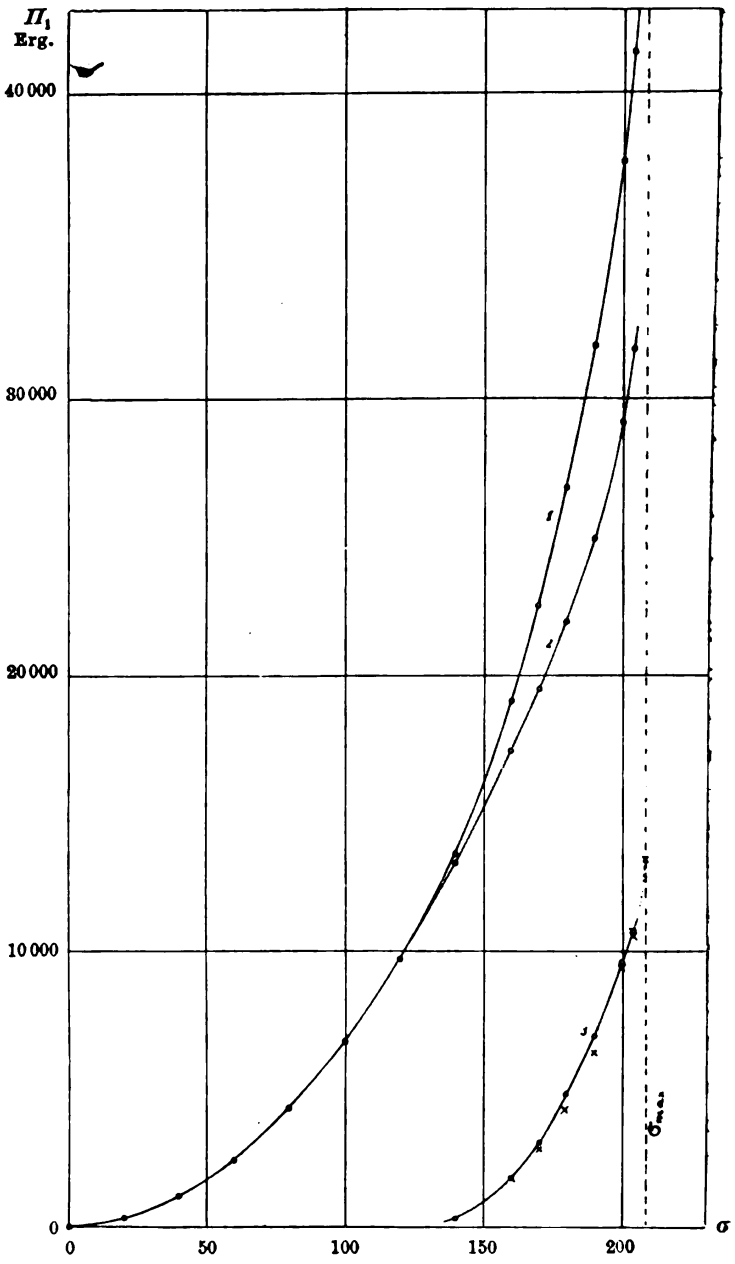


Fig. 21: Platte V_2; $\Pi_1(\sigma)$.

$1: \gamma = 45^0$ $2: \gamma = 0^0$ $3: \Pi_{1\,(45^0)} - \Pi_{1\,(0^0)}$

bolisch, und zwar fallen sie zusammen. Es entspricht dies der Region, wo $\sigma_{(H)}$ sehr angenähert durch eine Gerade dargestellt ist und sich noch keine wesentlichen Unterschiede zwischen den verschiedenen Achsen fühlbar machen. Dort, wo sich die $\sigma_{(H)}$-Kurven für die verschiedenen

Achsen trennen, beginnt die Π_1-Kurve für die 2-zähligen Achsen rascher zu steigen als die für die Richtung der 4-zähligen Achsen, für welche aber auch Π_1 höher liegt als die ursprüngliche Parabel. Die Zahlen sind:

Π_1 für die Würfelfläche.

σ	$\Pi_{1(\gamma=0^0)}$	$\Pi_{1(\gamma=45^0)}$
0	0 Erg	0 Erg
20	300	300
40	1120	1120
60	2400	2400
80	4320	4320
100	6730	6730
120	9720	9720
140	13220	13540
160	17260	19020
170	19480	22550
180	21930	26780
190	24940	31870
200	29120	38520
204	31720	42470

Beide Kurven verlaufen asymptotisch zur Geraden $\sigma = \sigma_{max.}$. — Eine weitere Kurve derselben Figur zeigt $[\Pi_{1(45^0)} - \Pi_{1(0^0)}]$, d. h. den Unterschied an Arbeit, der nötig ist, um ein gewisses σ in den verschiedenen Achsenrichtungen hervorzubringen. Diese letztere Kurve schneidet die Gerade $\sigma = \sigma_{max.}$ im Endlichen; sie stellt das Flächenstück dar, das zwischen den beiden $\sigma_{(H)}$-Kurven liegt.

Die Figur 22 zeigt die Kurven für Π_2, ausgehend von der Richtung der 4-zähligen Achse. Sie weisen ein Maximum auf bei $\gamma = 45^0$ und 135^0 und aus Symmetriegründen wieder Nullstellen bei

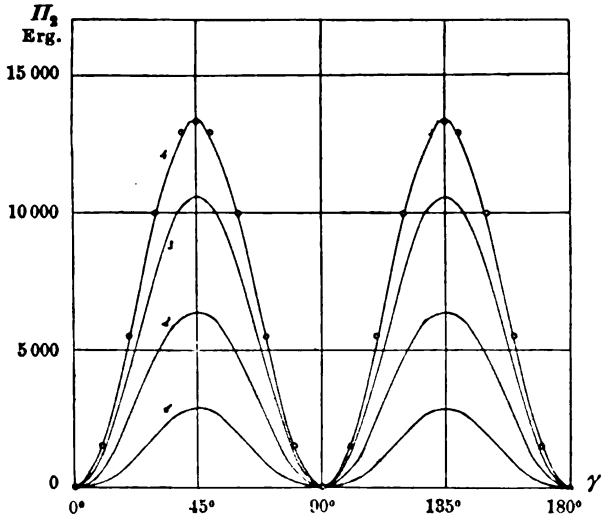


Fig. 22. Platte V_2; $\Pi_2(\gamma)$.

$1: \sigma = 170$ $2: \sigma = 190$ $3: \sigma = 204$ $4: \sigma = \sigma_{max.}$

$\gamma = 90^0$ und 180^0. Die Amplitude der Kurven nimmt zuerst mit σ zu und strebt schliesslich gegen ein Maximum für $\sigma = \sigma_{max.}$. Praktisch ist es schon in den Feldern erreicht, wo sich σ nicht mehr fühlbar von $\sigma_{max.}$ unterscheidet. Diese ausgeglichene Grenzkurve schliesst sich gut der Kurve

$$\Pi_2 = A \cdot \sin^2 2\gamma$$

an, wo A den Potenzialunterschied zwischen den 4-zähligen und den 2-zähligen Achsen für $\sigma_{max.}$ bedeutet. Die in die Figur 22 eingezeichneten Punkte, die nach dieser Formel berechnet wurden, zeigen den Grad der Übereinstimmung. Die durch die Kurven dargestellten Zahlenreihen sind:

Π_2 für die Würfelfläche.

γ	$\sigma = 170$	190	204	$\sigma_{max.}$	Formel
0^0	0	0	0	0	0
10^0	130	630	1170	1520	1560
20^0	870	2550	4310	5320	5510
30^0	1950	4830	7940	9810	10000
40^0	2740	6180	10280	12830	12930
45^0	2840	6310	10570	13330	13330

Zeichnet man die so gefundenen Resultate für das Maximum des Energieunterschiedes, die vorher mit $[\Pi_{1(45^0)} - \Pi_{1(0^0)}]$ bezeichnet worden waren, in die entsprechende Kurve der Figur 21 (Kreuzchen) ein, so ergibt sich eine Übereinstimmung, die angesichts der ganz verschiedenen Methoden und der vielen graphischen Umrechnungen als befriedigend bezeichnet werden darf. Die Zahlen sind folgende:

σ	$\Pi_{1(45^0)} - \Pi_{1(0^0)}$	$\Pi_{2(max.)}$
160	1760 Erg	1770 Erg
170	3070	2840
180	4850	4270
190	6930	6310
200	9400	9310
204	10750	10570
$\sigma_{max.}$	—	13330

Eine anschauliche Darstellung des Verlaufes von Π könnte man dadurch erreichen, dass man in einer Ebene die Vektoren σ von

einem Punkt aus aufträgt und auf einer Normalen dazu für jeden Endpunkt eines σ das entsprechende Π. Man bekäme so eine Fläche, die die σ-Ebene im Nullpunkt berührt und sich ganz innerhalb eines Kreiszylinders mit dem Radius $\sigma_{max.}$ befindet, zu dem sie asymptotisch verläuft. Ihre Schnitte mit Normalebenen auf die σ-Ebene in den Richtungen der Achsen geben die Kurven der Figur 21, ihre Schnitte mit Kreiszylinderflächen mit dem Zentrum im Nullpunkt und vertikalen Achsen geben bei Abwicklung der Zylindermäntel in eine Ebene die Kurven der Figur 22.

Ganz gleich wurden auch die Beobachtungen an der Rhombendodekaederplatte VII_1 verwendet, nur dass dort wegen der anderen Symmetrieverhältnisse ein ganzer Quadrant zur schematischen Rechnung genommen werden musste statt eines Oktanten. Da die magnetischen Härten der Platten V_2 und VII_1, wenn man die Selbstentmagnetisierung nicht berücksichtigt, nicht ganz gleich sind, wie dies früher gesagt wurde, verlaufen die Π_1-Kurven von VII_1 etwas verschieden von denen der Platte V_2, doch treten keine wesentlichen Anderungen auf (Fig. 23, siehe S. 160). Es ist hier angezeigt, auch die Richtung der schwersten Magnetisierbarkeit, die der 3-zähligen Achse, zu zeichnen, deren Π_1-Kurve am höchsten liegt. Entsprechend liegt auch die $[\Pi_{1(55°)} - \Pi_{1(0°)}]$-Kurve höher als die $[\Pi_{1(90°)} - \Pi_{1(0°)}]$-Kurve. — Die Zahlen sind:

Π_1 für die Rhombendodekaederfläche.

σ	$\Pi_{1(\gamma=0°)}$	$\Pi_{1(\gamma=90°)}$	$\Pi_{1(\gamma=55°)}$
0	0 Erg	0 Erg	0 Erg
20	200	200	200
40	760	760	760
60	1640	1640	1640
80	3040	3040	3040
100	4770	4800	4830
120	6900	7000	7180
140	9400	9750	10480
160	12400	13710	15550
170	14190	16460	18940
180	16370	19880	22980
190	19110	24110	27760
200	22620	29380	33380
204	24280	31940	36070
208	26320	34990	39490
210	27720	36800	41700

Die in der Figur 24 (siehe S. 161) dargestellten Π_2-Kurven, die auch von der Richtung der 4-zähligen Achse ausgehen, haben in der Richtung

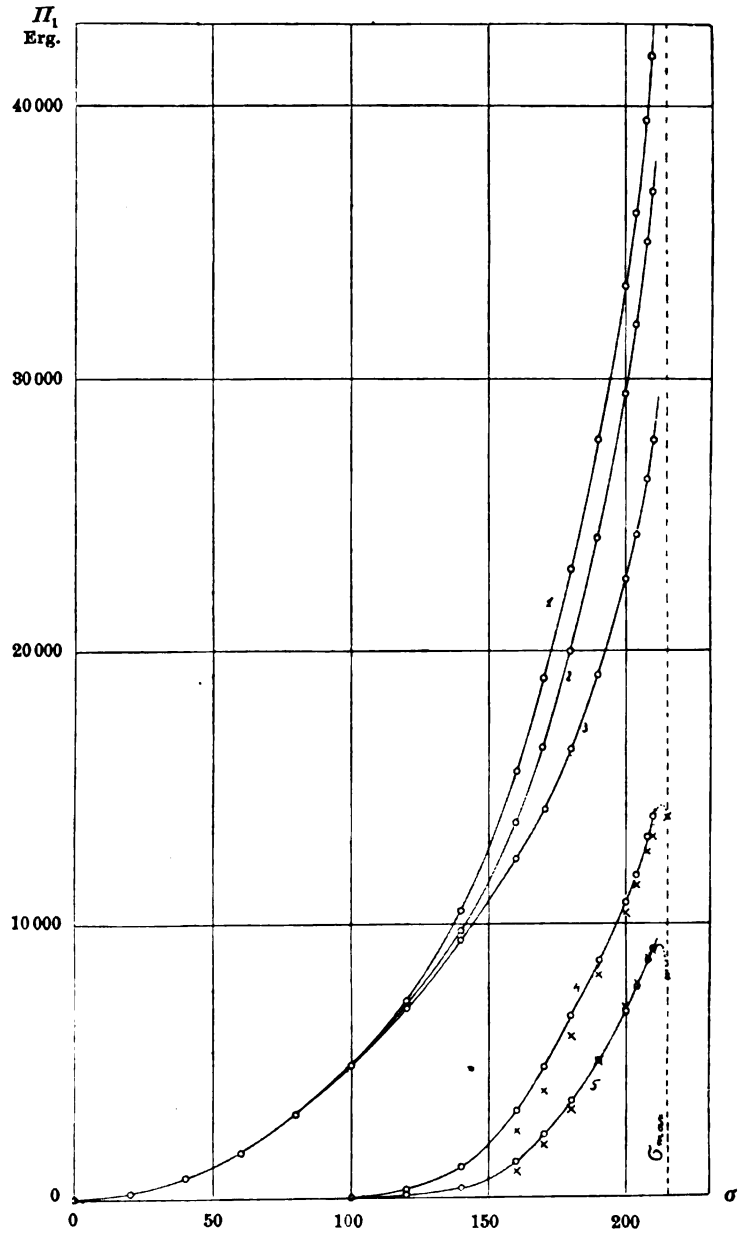


Fig. 23: Platte VII_1; $\Pi_1(\sigma)$.

$1: \gamma = 55^0$ $2: \gamma = 90^0$ $3: \gamma = 0^0$

$4: \Pi_{1\,(55^0)} - \Pi_{1\,(0^0)}$ $5: \Pi_{1\,(90^0)} - \Pi_{1\,(0^0)}$

der 2-zähligen Achse bei 90° nun wohl noch ein Minimum, aber keine Nullstelle mehr, Maxima dagegen in den Richtungen der 3-zähligen Achsen. Sämtliche Amplituden, sowohl die für die Maxima als auch die für das Minimum der 2-zähligen Achse, nehmen mit σ zu; bloss

für $\sigma_{max.}$ liegt das Minimum tiefer als für das kleinere $\sigma = 210$. Das hat seinen Grund in einer Unregelmässigkeit der Platte VII_1; es ist aus den Kurven für σ_p ersichtlich, dass für hohe H σ für die Richtung der 4-zähligen Achse etwas kleiner ist als für die Richtung der 2-zähligen. Die Kurven $\sigma_{(H)}$ für die beiden Achsenrichtungen schneiden sich also dort, so dass das Flächenstück, das sie oberhalb des Schnittpunktes umschliessen, von dem unterhalb subtrahiert werden muss. Es scheint dies, nach den Ergebnissen der Messungen an anderen Platten, eine Zufälligkeit der Platte VII_1 zu sein. — Die Π_2-Kurven für die höchsten Werte von σ entsprechen der Form

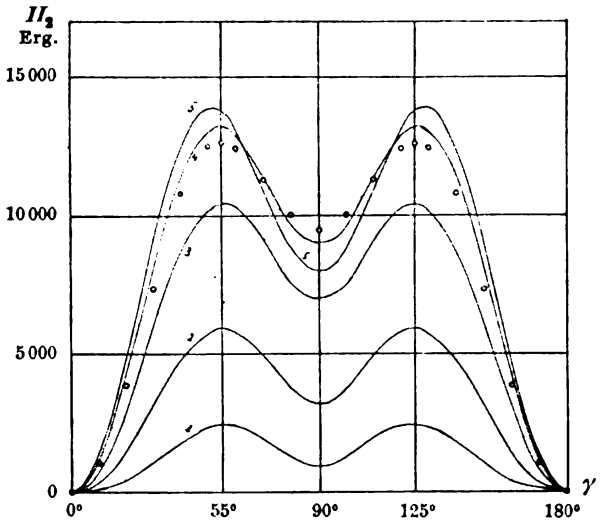


Fig. 24: Platte VII_1; $\Pi_2(\gamma)$.

$1: \sigma = 160$ $2: \sigma = 180$ $3: \sigma = 200$
$4: \sigma = 210$ $5: \sigma = \sigma_{max.}$

$$\Pi_2 = A\,(\sin^4\gamma + \sin^2 2\,\gamma)$$

wo A wieder die gleiche Bedeutung hat wie für die Würfelplatte (markierte Punkte in Fig. 24). Trotzdem die Vergleichspunkte für die offenbar noch normalere Kurve für $\sigma = 210$ gezeichnet wurden, ist die Übereinstimmung keine sehr gute, indem hier schon das Minimum zu tief liegt. Die Figur 28 wird aber zeigen, dass für andere Platten der Unterschied zwischen Maxima und Minimum oft kleiner ist als gerade für VII_1. — Die Kurven wurden mit den folgenden Zahlenwerten gezeichnet (siehe erste Tabelle auf S. 162).

Die Übereinstimmung mit den Werten, die sich aus den Π_1-Kurven ergeben, ist hier nicht so gut wie bei der Platte V_2, und zwar tritt für die Richtung der 3-zähligen Achse überall ein ziemlich konstanter Unterschied von gegen 1000 Erg auf, der von einer Unsicherheit der $\sigma_{(H)}$-Kurve für $\gamma = 55^0$ in der Region herrühren mag, wo diese Kurven noch sehr wenig voneinander entfernt sind. Abgesehen von diesem konstanten Unterschied, ist die Übereinstimmung

Π_2 für die Rhombendodekaederfläche.

γ	$\sigma = 160$	180	200	210	Formel	$\sigma_{max.}$
0°	0	0	0	0	0	0
10°	70	280	790	1160	1110	1310
20°	430	1400	2930	4250	4040	4710
30°	1060	3090	5980	8120	7700	9000
40°	1790	4730	8700	11440	10790	12430
50°	2310	5730	10140	13060	12440	13890
55°	2410	5890	10380	13200	12610	13900
60°	2370	5780	10260	12900	12420	13080
70°	1940	4930	9090	11400	11290	10900
80°	1280	3730	7570	9670	10020	8790
90°	920	3160	6950	9000	9470	7980

der Werte aber doch eine relativ gute zu nennen. Es seien hier noch die entsprechenden Zahlen angeführt:

σ	$\Pi_{1(90°)} - \Pi_{1(0°)}$	$\Pi_{2(min.)}$	$\Pi_{1(55°)} - \Pi_{1(0°)}$	$\Pi_{2(max.)}$
160	1310 Erg	920 Erg	3150 Erg	2410 Erg
170	2270	1890	4750	3980
180	3510	3160	6610	5890
190	5000	4950	8650	8060
200	6760	6950	10760	10380
204	7660	7770	11790	11520
208	8670	8690	13170	12670
210	9080	9000	13980	13200
$\sigma_{max.}$	—	7980	—	13900

Die Resultate der Beobachtungen an der Oktaederplatte VIII_1 würden in den kleinen und mittleren Feldern zunächst vor der Inversion ähnliche Kurven für Π_2 ergeben, wie sie für die andern Platten gefunden wurden, nur von anderer Grössenordnung und mit einer Periode von 60°. Von den H an, bei welchen die Inversion auftritt, wird aber die Amplitude der zu integrierenden D_1-Kurve kleiner und infolgedessen auch die Amplitude der Π_2-Kurve, bis Π_2 schliesslich bei starken Feldern, wo keine Periode von 60° mehr sichtbar ist, überhaupt gleich Null wird. — Der Zusammenhang davon mit der Inversion der σ_p-Kurve ist ein einfacher. Für die beiden speziellen Richtungen der 2-zähligen Achse und der Projektion der 4-zähligen auf die Oktaederfläche schneiden sich die $\sigma_{(H)}$-Kurven in der Gegend der Inversion; vor derselben verläuft die Kurve für

die Richtung der 2-zähligen Achse höher als die andere, nachher tiefer. Die von den beiden Kurven und einer Parallelen zur H-Achse eingeschlossene Fläche, welche Π_2 darstellt, ändert daher oberhalb der Inversion ihr Vorzeichen, und zwar bleibt sie positiv, solange das Stück unterhalb der Inversion grösser ist als das oberhalb derselben. Die D_1-Kurve zeigt, dass für genügend hohes σ die beiden Flächen sich im vorliegenden Fall schliesslich gerade aufheben, weil ja $\Pi_2 = 0$ wird. Die Figur 25 stellt dies sche-

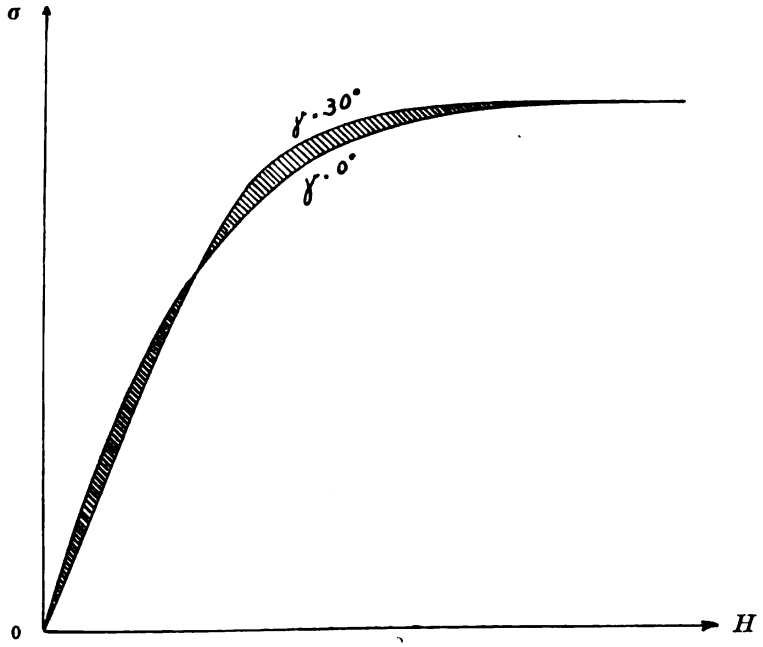


Fig. 25.

matisch dar und erklärt somit, warum eine Inversion der σ_p-Kurven nicht, oder jedenfalls erst viel später, von einer Inversion der σ_n-Kurven gefolgt sein muss. Die Inversion der $[D_{1(\varphi)}]_\sigma$-Kurve würde nämlich erst dann auftreten, wenn das Flächenstück oberhalb des Schnittes der beiden Kurven grösser würde als das unterhalb, wobei die Begrenzungsgerade des ersteren parallel zur H-Achse genommen werden muss. Begrenzt man dieses aber statt dessen durch eine Parallele zur σ-Achse, so tritt unter der gleichen Bedingung die Inversion der direkt beobachteten $[D_{1(\varphi)}]_H$-Kurve, also der gewöhnlichen σ_n-Kurve, auf.

Ausgehend von diesen schematisierten Resultaten kann nun der Versuch gemacht werden, die endlichen Energiedifferenzen für $\sigma_{max.}$

für die verschiedenen Richtungen durch eine einfache Formel auszudrücken, wobei also die unendlich grosse additive Konstante von Π, die als die Magnetisierungsenergie für die Richtung der 4-zähligen Achse betrachtet werden kann, vernachlässigt wird. Trägt man in einem Koordinatensystem, dessen rechtwinklige Achsen mit den 4-zähligen Kristallachsen zusammenfallen, jeweilen in den Richtungen des Vektors σ die entsprechenden Energiedifferenzen ab, so entsteht eine Fläche, die den Gesetzen der regulären Symmetrie genügen muss. Der einfachste Fall — nach der Kugel — ist eine Fläche, deren Gleichung lautet:

$$\Pi_2 = a\,(x^4+y^4+z^4) + b\,(y^2z^2+z^2x^2+x^2y^2) + c\,(x^2+y^2+z^2) + d,$$

wo x, y, z die drei Komponenten σ_x, σ_y, σ_z des Vektors σ darstellen.

Da $$\sigma^2 = x^2+y^2+z^2 = \text{konst.}$$

ist, und da nach der soeben gegebenen Definition Π_2 für die Achsenrichtungen gleich Null sein soll, kann man schreiben:

$$\Pi_2 = B\,(y^2z^2+z^2x^2+x^2y^2). \tag{1}$$

Für die Polarkoordinaten η und ϑ, wo η die geographische Länge des Endpunktes eines Vektors von der $+x$- nach der $+y$-Achse hin gezählt, und ϑ das Komplement der geographischen Breite, von der $+z$-Achse aus gezählt, bedeutet, ist

$$x = \sigma\cdot\sin\vartheta\cdot\cos\eta;\quad y = \sigma\cdot\sin\vartheta\cdot\sin\eta;\quad z = \sigma\cdot\cos\vartheta.$$

Die Gleichung (1) geht dann über in

$$\Pi_2 = A\,(\sin^2 2\vartheta + \sin^4\vartheta\cdot\sin^2 2\eta). \tag{2}$$

Die Würfelflächen sind nun die drei Ebenen, für welche $\vartheta = 90^0$ oder $\eta = 0^0$ oder $\eta = 90^0$ ist. In allen drei Fällen bekommt man die gleiche Kurve:

$$\Pi_2 = A\cdot\sin^2 2\eta,\quad \text{resp. } \Pi_2 = A\cdot\sin^2 2\vartheta.$$

Eine Rhombendodekaederfläche erhält man z. B. durch den Ansatz $\eta = 45^0$ und findet daraus:

$$\Pi_2 = A\,(\sin^2 2\vartheta + \sin^4\vartheta).$$

Die übrigen Rhombendodekaederflächen müssen entsprechende Gleichungen liefern, da die Ausgangsgleichung der regulären Symmetrie genügt.

Aus dem gleichen Grund kann man sich auch auf die Berechnung einer einzigen Oktaederfläche beschränken. Eine solche ist z. B. dargestellt durch die Gleichung

$$x + y + z = 0.$$

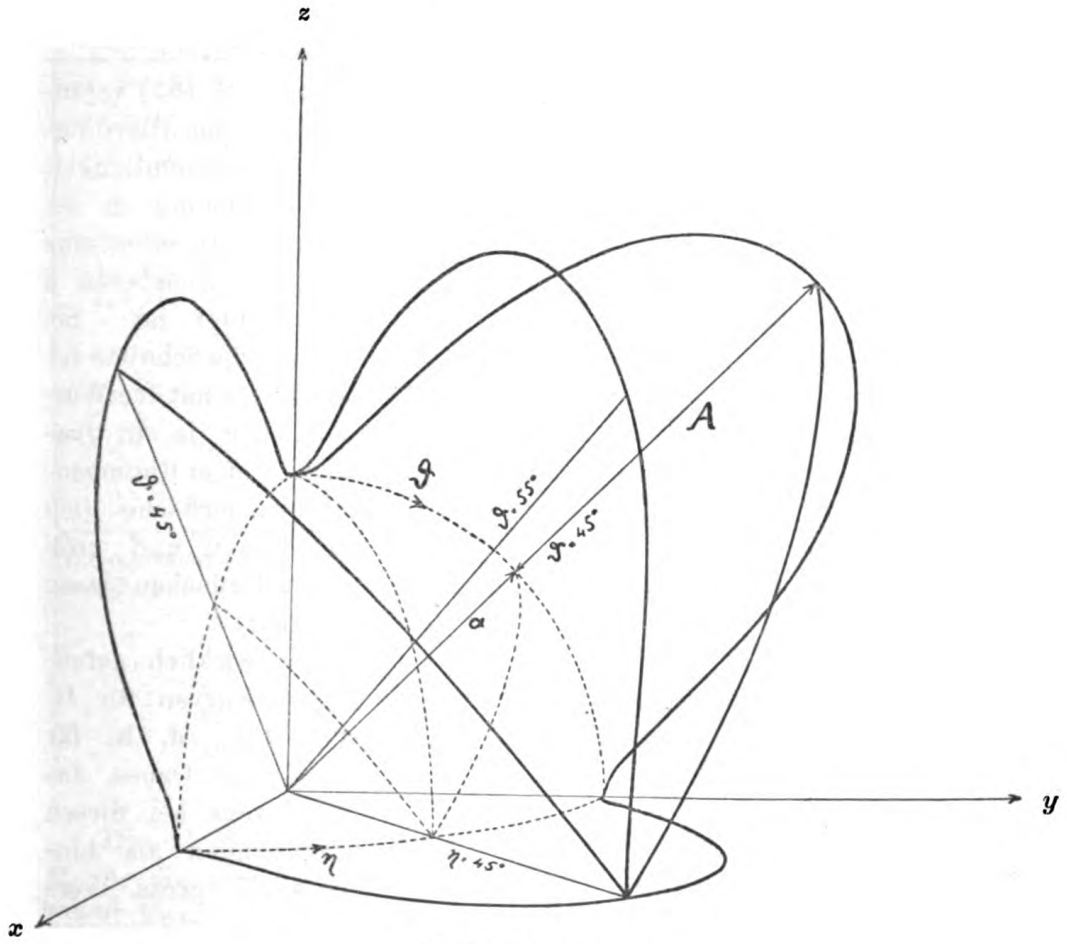


Fig. 26: $\Pi_{2\,(\eta,\,\vartheta)}$.

Also ist auch

$$x^2 + y^2 + z^2 + 2\,(xy + yz + zx) = 0$$

und da

$$x^2 + y^2 + z^2 = \text{konst.},$$

ist auch

$$xy + yz + zx = \text{konst.},$$

und daher

$$x^2y^2 + y^2z^2 + z^2x^2 + 2\,xyz\,(x + y + z) = \text{konst.}$$

Der letzte Summand ist gleich Null, also

$$\Pi_2 = B \cdot \text{konst.} = \text{konst.}$$

Die Gleichung (2) ergibt schliesslich, dass für die Oktaederfläche gilt:

$$\Pi_2 = A.$$

Alle diese Resultate stimmen mit den für den schematisierten Kristall gefundenen Kurven in der schon angegebenen Weise überein, so dass die Gleichungen (1) und (2) als eine brauchbare Darstellung der Energiedifferenzen für die Magnetisierung eines Eisenkristalles bis zur Sättigung gelten können. — Die Figur 26 (siehe S. 165) veranschaulicht die durch diese Gleichungen gegebene Fläche, wobei allerdings für die Bequemlichkeit der Zeichnung zu der Funktion Π_2 selbst eine additive Konstante a hinzugefügt ist. Sie enthält die Schnitte der Π_2-Fläche mit dreiWürfelflächen (je ein Quadrant), einer Rhombendodekaederfläche (ein Quadrant), und zwei Oktaederflächen (je ein Sextant).

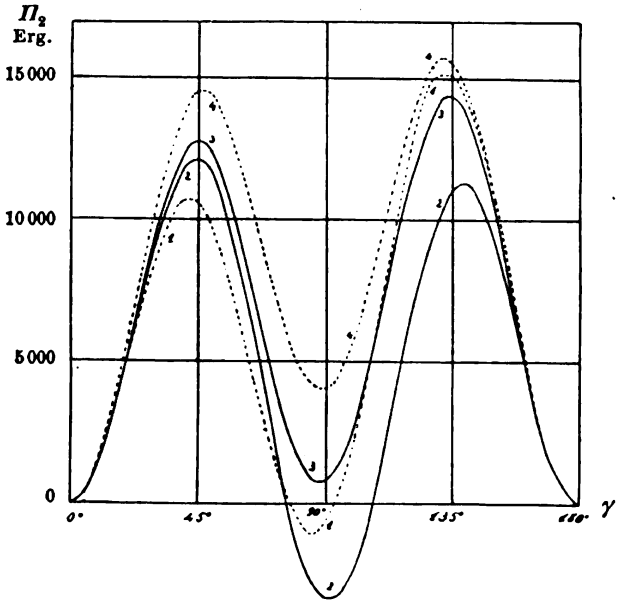


Fig. 27: $\Pi_2(\gamma)$ für $\sigma_{max.}$

1 : Platte V_6 2 : Platte V_1
3 : Platte V_2 4 : Platte V_3

Die wirklich gefundenen Kurven für Π_2 für $\sigma_{max.}$, d. h. für $H = 8260$ Gauss, das durchwegs bei diesen Rechnungen als hinlänglich gross verwendet wurde, weichen von dieser theoretischen Form in den Einzelheiten oft ziemlich stark ab. Die Figur 27 stellt eine Anzahl derselben für verschiedene Würfelplatten dar (V_1, V_2, V_3, V_6), darunter die unregelmässigsten Typen mit den grössten Verschiedenheiten zwischen den zwei gleichzähligen Achsen. Man erkennt daran auch, dass der Energieunterschied zwischen einer 4-zähligen Achse und einer 2-zähligen innerhalb sehr beträchtlicher Grenzen schwanken kann. — Die entsprechenden Kurven für die Rhombendodekaederplatten enthält die Figur 28 (Platten II, VI, VII_1, siehe S. 168), wo besonders die Platte II auffällige Abweichungen von der normalen Form aufweist.

Diese Kurven gestatten schliesslich, einen Mittelwert der Grösse A in der Gleichung (2) zu berechnen, wenn man ihnen die folgenden Werte entnimmt:

Würfelplatten	Π_2			
	4-zählige Achsen		2-zählige Achsen	
I	0	190	11630	14060 Erg
V_1	0	— 3310	12080	11260
V_2	0	740	12770	14390
V_3	0	4080	14510	15680
V_4	0	1560	14420	13550
V_5	0	3650	14790	15280
V_6	0	— 1010	10700	15120
V_7	0	1750	14590	13580
V_8	0	— 230	11130	16130
V_9	0	1950	13320	14750
V_{10}	0	— 610	14070	10640
V_{11}	0	1770	14990	13000
V_{12}	0	— 1240	11970	13120
V_{13}	0	— 480	12610	13260
Rhombendodekaederplatten	**4-zählige Achse**		**2-zählige Achse**	
II	0		14760	
VI	0		8980	
VII_1	0		8100	
VII_2	0		9420	
VII_3	0		9550	

Die 14 Würfelplatten I und $V_1 - V_{13}$ geben als Mittelwert von Π_2 für die 4-zähligen Achsen 315 Erg und für die 2-zähligen Achsen 13120 Erg, so dass für ihren Unterschied 12805 Erg übrigbleiben. Die fünf Rhombendodekaederplatten geben durchschnittlich einen kleineren Unterschied, und zwar, mit Ausnahme der Platte II, die auch sonst stark aus dem Rahmen herausfällt, etwa $^3/_4$ des Unterschiedes, den die Würfelplatten liefern. Das Mittel für alle fünf Platten ist 10160 Erg. Woher dieser Unterschied zwischen den beiden Arten von Platten kommt, ist nicht aufgeklärt; es sei nur erwähnt, dass die Platten VI und VII nicht von dem gleichen Schmelzstück stammen wie die Platten V, doch zeigte das erstere beim Zerschlagen ähnliche Struktur und ähnliche Härte wie das letztere. Als Mittel aus allen diesen Platten ergibt sich der Wert 12680 Erg, oder mit einer durch die Differenzen zwischen den ein-

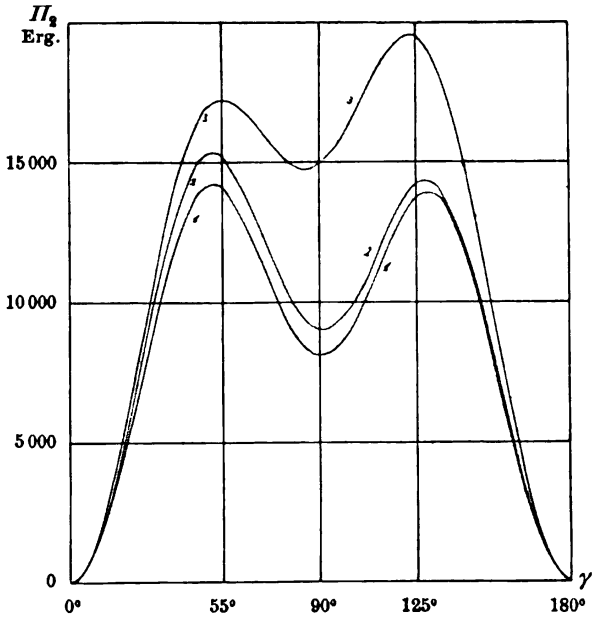


Fig. 28: $\Pi_2(\gamma)$ für σ_{max}.

1: Platte VII_1 2: Platte VI 3: Platte II

zelnen Werten gebotenen Aufrundung

$$A = 13000 \text{ Erg.}$$

Der Vollständigkeit halber sind in der Figur 29 noch zwei Π_2-Kurven aus den Oktaederplatten beigefügt, und zwar die sehr günstige VIII_1 und die besonders ungünstige VIII_2, die beide aus dem gleichen Kristall stammen. Es ist dabei zu bemerken, dass die möglichen Fehler beim Schneiden der Platten in dieser Ebene am grössten sind, und dass für die Bestimmung der Ebene, in welcher die Platte VIII_2 geschnitten werden musste, nur noch ein sehr kleiner Teil der ursprünglichen Bruchfläche zur Verfügung stand.

Diese Resultate zeigen, dass, allerdings mit nicht unbedeutenden Abweichungen von Platte zu Platte, der schematische Ansatz aufrecht erhalten werden darf:

$$\Pi_2 = 13000\,(\sin^2 2\vartheta + \sin^4\vartheta \cdot \sin^2 2\eta) \text{ Erg.}$$

4. Die Hysteresis.

Bei allen bisher verwendeten Resultaten wurde keine Rücksicht auf die Hysteresis genommen. Man muss indessen bei diesen Messungen zwei Arten derselben unterscheiden: Hysteresis im Wechselfeld und Hysteresis im Drehfeld. Die erstere tritt dann auf, wenn H in einem bestimmten Azimut seinen Wert ändert, im Grenzfall, wenn es von einem

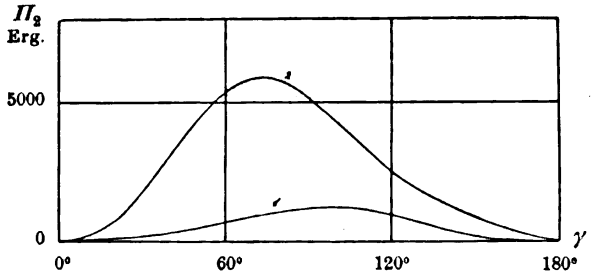


Fig. 29: $\Pi_2(\gamma)$ für σ_{max}.

1: Platte VIII_1 2: Platte VIII_2

positiven Wert auf den gleichen negativen übergeht oder umgekehrt. Diese Grösse wurde indessen nicht beobachtet, sondern der Erregerstrom des Magneten beim Übergang von einem H zu einem andern bei der Messung von σ_p vor Beginn der Ablesungen mehrmals kommutiert, so dass σ_p einen von den vorhergehenden Beobachtungen unabhängigen Wert annahm. — Dagegen wurden bei den Messungen von D die Beobachtungen für die zwei entgegengesetzten Drehrichtungen von H ausgeführt; die zwei Ablesungen für gleiches Azimut lieferten dabei eine Angabe für die Hysteresis im Drehfelde. Zeichnet man die beiden D_1-Kurven für positive und negative Drehung, so findet man, dass sie nicht zusammenfallen, sondern in einem veränderlichen Abstand voneinander verlaufen. Die Fläche, die die beiden Kurven während einer Drehung von 0—360° einschliessen, gibt direkt den Arbeitsverlust A_h bei dieser Operation pro Masseneinheit. Die in den vorhergehenden Abschnitten wiedergegebenen Kurven sind, wenn die Hysteresis überhaupt nachweisbar war, immer die Mittel der beiden Kurven.

Die Versuche ergaben, dass die bandförmige Fläche, welche die Hysteresisarbeit im Drehfeld darstellt, nicht überall die gleiche Breite hat, und da liefert der Abstand $\Delta D_1 = \frac{\partial A_h}{\partial \varphi}$ der beiden beobachteten D_1-Kurven für jedes Azimut ein Mass dafür, wie sich die Gesamtarbeit A_h auf die einzelnen Richtungen verteilt.

Die Figur 30 zeigt diese Abstände für die Würfelplatte V_2 für

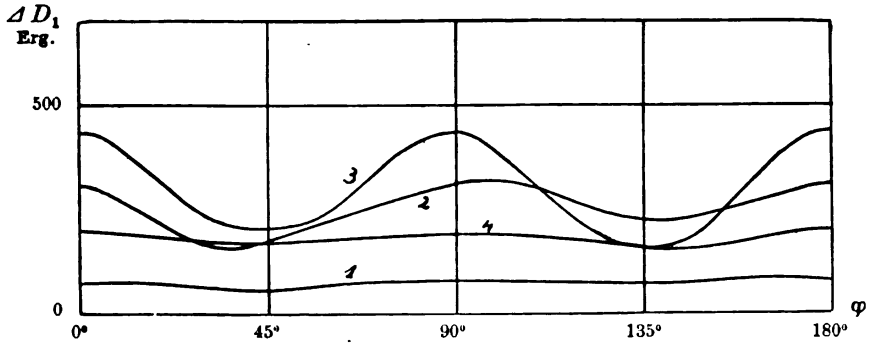


Fig. 30: Platte V_2; $\Delta D_1(\varphi)$.
1: H = 71 Gauss 2: H = 111 Gauss
3: H = 189 „ 4: H = 392 „

einige Werte von H in Funktion von φ, wobei wieder die Azimute 0° und 90° die Richtungen der 4-zähligen Achsen sind. Bei 71 Gauss sind die verschiedenen Achsen in der Kurve noch nicht deutlich zu erkennen; diese entfernt sich nicht merkbar von ihrem Mittelwerte von ungefähr 70 Erg. (Die gemessene Grösse ist als Differenz von

zwei Drehmomenten oder als Ableitung einer Arbeit nach einem Bogen wieder ein Drehmoment, ihre Einheit somit das Erg, resp. das Erg pro Bogeneinheit.) Schon bei 111 Gauss treten indessen bei den 4-zähligen Achsen sehr deutliche Maxima, bei den 2-zähligen Minima auf, welche Erscheinung sich bei 189 Gauss noch verstärkt. Der Mittelwert ist dort auf 300—350 Erg gestiegen. Die kleinen Abweichungen von der regulären Symmetrie sind nicht bedeutend und klein im Verhältnis zur Fehlergrenze. Bei 392 Gauss ist die Amplitude der Kurve wieder stark gesunken, ebenso ihr Mittelwert, und bei höheren Feldern verdecken die Beobachtungsfehler bald die ganze Erscheinung. Immerhin ist bei 595 Gauss noch ein Mittelwert von etwa 150 Erg, bei 798 Gauss noch ein solcher von etwa 100 Erg zu erkennen, während das maximale Drehmoment dort aber schon auf 20000 Erg angewachsen ist und, was besonders ins Gewicht fällt, in den Achsenrichtungen $\frac{\partial D_1}{\partial \varphi}$ sehr gross geworden ist. — Bei der Platte V_6, deren σ-Kurven früher als besonders unregelmässig wiedergegeben wurden, ist zwar der Mittelwert für 189 Gauss und 392 Gauss etwas höher als bei der Platte V_2, allein es lassen sich dort keine besonderen Unsymmetrien erkennen.

Die Figur 31 enthält die gleichen Kurven für die Rhombendodekaederplatte VII_1, wo wie früher die Richtung 0° die 4-zählige Achse, 90° die 2-zählige darstellt. Diese Platte weist in erster Linie durchwegs eine stärkere Hysteresis auf als die Platte V_2, und zudem

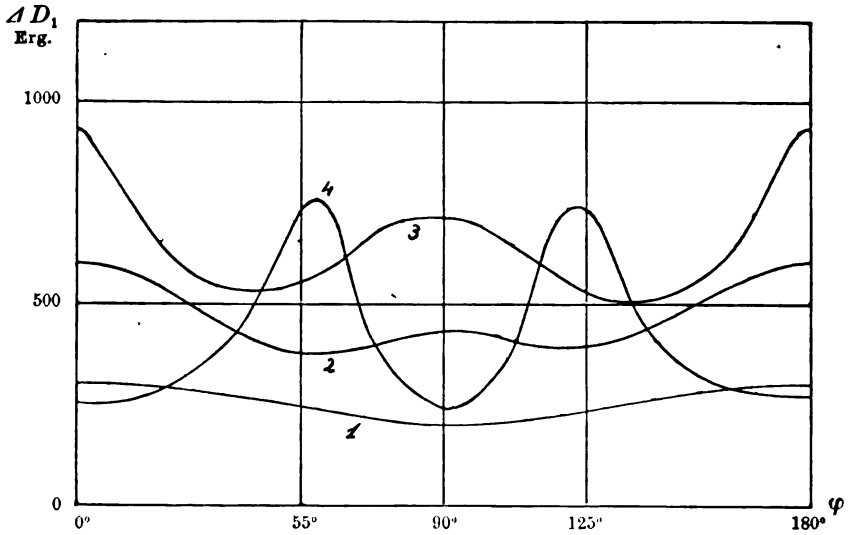


Fig. 31: Platte VII_1; $\Delta D_1(\varphi)$.
1: H = 71 Gauss 2: H = 111 Gauss
3: H = 189 „ 4: H = 392 „

werden hier auch die Unterschiede zwischen den einzelnen Richtungen grösser; immerhin liefert auch hier das Feld 189 Gauss den höchsten Mittelwert. — Für die kleineren H ist die Hysteresis am stärksten in der Richtung der 4-zähligen Achse, dann folgt die 2-zählige, und schliesslich als Minima die beiden 3-zähligen. Das Auffallende ist hier aber, dass die Kurven in den mittleren Feldern wieder eine Inversion aufweisen, indem bei 392 Gauss plötzlich die beiden 3-zähligen Achsen Maxima darstellen, während die 4-zählige und die 2-zählige ungefähr gleich grosse Minima geworden sind. Die gleiche Form ist noch, wenn auch nicht mehr so sauber, bei 595 Gauss und 798 Gauss zu erkennen; die Mittelwerte sind dort ungefähr 200 resp. 100 Erg. Dieselbe Erscheinung findet sich auch bei den übrigen gleichorientierten Platten, wobei sich die Unregelmässigkeiten von σ nicht immer in den Hysteresiskurven wiederfinden.

Endlich zeigt die Figur 32, dass auch in der Oktaederplatte VIII_1

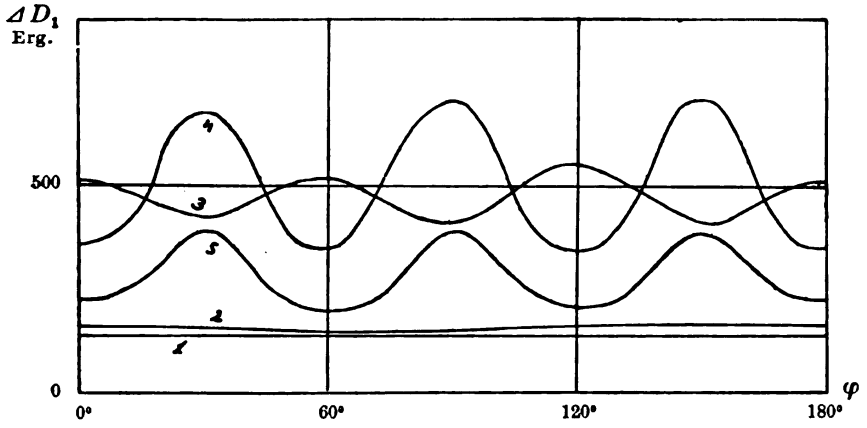


Fig. 32: Platte VIII_1; $\Delta D_1(\varphi)$.

1 : $H = 71$ Gauss 2 : $H = 111$ Gauss 3 : $H = 189$ Gauss
4 : $H = 392$ Gauss 5 : $H = 595$ Gauss

die Inversion auftritt, wo es zwar nach dem Verhalten von σ_p viel eher zu erwarten war als bei der Rhombendodekaederplatte. Das Feld, in welchem sie eintritt, liegt ebenfalls zwischen 189 und 392 Gauss, während die Inversion der σ_p-Kurve dies erst oberhalb 392 Gauss tut. Die Richtungen der 2-zähligen Achsen sind zuerst Maxima, dann Minima der Hysteresis. Die Mittelwerte der Kurven steigen mit H etwas langsamer als in den Figuren 30 und 31, indem sie ihren grössten Wert etwa 100 Gauss später erreichen, nehmen aber nachher wieder in gleicher Weise mit wachsendem H ab; so wurde für 798 Gauss ungefähr 150 Erg, für 1110 Gauss etwa 70 Erg gefunden.

Es seien schliesslich noch einige Gruppen der hieher gehörenden Zahlen wiedergegeben:

ΔD_1 für die Platte V_2 (Würfelfläche):

φ	$H=71$	111	189	392	595	798
1,3°	75	200	435	320	170	130
11,3°	80	190	375	220	190	110
21,3°	75	175	300	210	150	90
31,3°	60	180	275	160	80	30
41,3°	65	165	215	120	90	40
51,3°	60	175	200	210	170	80
61,3°	75	175	240	250	170	100
71,3°	80	185	355	260	180	90
81,3°	75	185	415	290	170	150
91,3°	75	190	440	320	170	110
101,3°	80	190	375	320	220	130
111,3°	75	185	280	260	110	80
121,3°	75	175	215	270	130	90
131,3°	75	165	165	230	260	20
141,3°	75	155	185	230	140	120
151,3°	80	160	215	240	160	100
161,3°	90	180	325	270	150	90
171,3°	75	190	415	290	150	120

ΔD_1 für die Platte VII_1 (Rhombendodekaederfläche):

φ	$H=71$	111	189	392	595
8,4°	295	600	810	250	190
18,4°	290	550	655	330	170
28,4°	270	500	570	330	170
38,4°	255	435	540	420	180
48,4°	260	390	545	620	160
58,4°	245	375	560	770	310
68,4°	235	385	630	550	230
78,4°	215	415	725	320	160
88,4°	205	430	630	250	170
98,4°	215	430	665	270	30
108,4°	215	410	675	410	140
118,4°	225	395	560	730	200
128,4°	235	405	520	690	160
138,4°	260	425	505	430	200
148,4°	265	475	530	330	210
158,4°	280	530	600	290	280
168,4°	295	570	750	300	230
178,0°	305	600	935	280	190

ΔD_1 für die Platte VIII_1 (Oktaederfläche):

φ	$H = 71$	111	189	392	595	798
4,5°	135	155	510	355	220	135
14,5°	135	155	470	400	245	135
24,5°	140	155	430	655	350	160
34,5°	140	145	430	675	385	190
44,5°	135	135	470	465	270	160
54,5°	145	145	515	360	200	130
64,5°	135	140	505	335	210	120
74,5°	135	140	450	545	235	125
84,5°	130	150	420	690	350	160
94,5°	130	155	420	690	380	175
104,5°	140	155	465	450	265	150
114,5°	140	160	550	350	215	135
124,5°	140	160	535	330	205	135
134,5°	150	160	495	455	245	135
144,5°	140	170	435	690	370	150
154,5°	140	160	410	680	370	160
164,5°	145	160	455	465	255	135
174,5°	145	160	500	350	230	115

Die gefundenen Resultate lassen sich am leichtesten mit den von Quittner am Magnetit beobachteten vergleichen. In den Würfelplatten findet er auch Maxima der Hysteresis in den Richtungen der 4-zähligen Achsen. Wie beim Eisen treten sie aber bei den kleineren Feldern noch nicht auf, weisen jedoch später relativ stärkere Unterschiede zwischen den einzelnen Richtungen auf. Im Gegensatz zum Eisen wachsen dort die Mittelwerte der Kurven mit zunehmendem H beständig und scheinen einem gewissen maximalen Wert zuzustreben. — In den Oktaederplatten stimmen in den kleineren Feldern die Resultate für Magnetit qualitativ ebenfalls mit denen für Eisen überein; nach anfänglicher Zunahme verringert sich aber beim Magnetit in den mittleren Feldern der Mittelwert der Kurve bis zu dem H, für welches die Inversion auftritt, um nachher wieder zu wachsen.

Die Eigenschaften des Pyrrhotins sind auch mit Bezug auf die Hysteresis wesentlich von denen des Eisens verschieden; ihre Hauptmerkmale sind die, dass die Hysteresis in der Richtung der leichten Magnetisierbarkeit immer Null ist und in ihrem Mittelwert von den kleinsten verwendeten Feldern an mit wachsendem H abnimmt.

III. Kristallographisches.

1. Die Neumann'schen Linien.

Die Eisenkristalle[1]) gehören der holoedrischen Abteilung des regulären Systems an. Besonders in porös erstarrtem Roheisen finden sie sich als kleine Oktaeder, die nach den 4-zähligen Achsen aneinander gereiht sind. Die Flächen grösster Spaltbarkeit sind die Würfelflächen, wie das besonders deutlich bei manchen Meteoreisen nachweisbar ist. Bei den mir zur Verfügung gestellten Eisenstücken wäre die äussere Form der Kristalle nur schwer zu bestimmen ge-

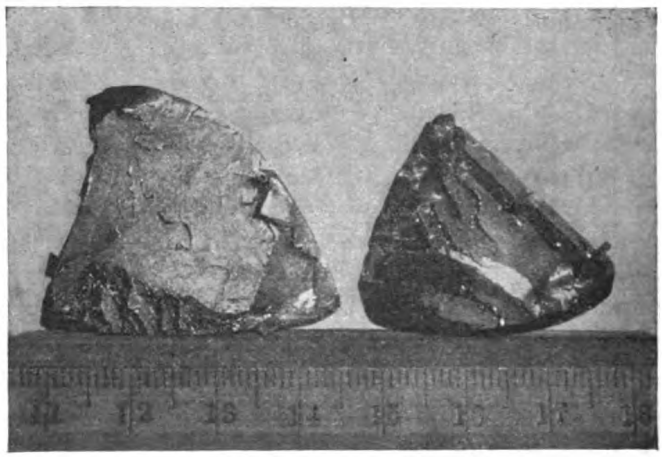


Fig. 33: Bruchflächen von Eisenkristallen.

wesen, da sie zum grössten Teil durch die Wand des Schmelztiegels und die keineswegs regelmässig gelagerten Einsprengsel und Nachbarkristalle bestimmt war. Dagegen erwiesen sich die Bruchflächen leicht als Würfelflächen aus den oft ziemlich zahlreichen Kanten, die an ihnen auftraten. Die Figur 33 gibt eine Photographie von zwei Bruchflächen des Schmelzstückes wieder, aus dem die Platten V gewonnen wurden; sie zeigt, dass die Schmelzen Kristalle von über 2 cm Ausdehnung enthalten, und man erkennt auch leicht eine Anzahl senkrecht zueinander stehender Flächenstücke.

Soweit eine vorläufige Orientierung nicht schon durch irgendeine blossgelegte Würfelkante möglich war, wurde sie mit Hilfe der Schlagfiguren vorgenommen, welche durch Einpressen einer Stahl-

[1]) Groth, Physikalische Kristallographie.

nadel in die Bruchfläche hergestellt wurden. Die Nadel war auf einem eigens hiezu konstruierten kleinen Gestell bequem montiert. Es entsteht dabei um das kleine Loch, das die Nadel erzeugt, ein rechtwinkliges Kreuz, dessen Arme in die Richtungen der 2-zähligen Achsen fallen. Mikrophotographien von solchen finden sich in einer Arbeit von Osmond und Cartaud [1]), auf die im folgenden mehrfach Bezug genommen wird. Diese Figuren sind aber zu klein, um auf

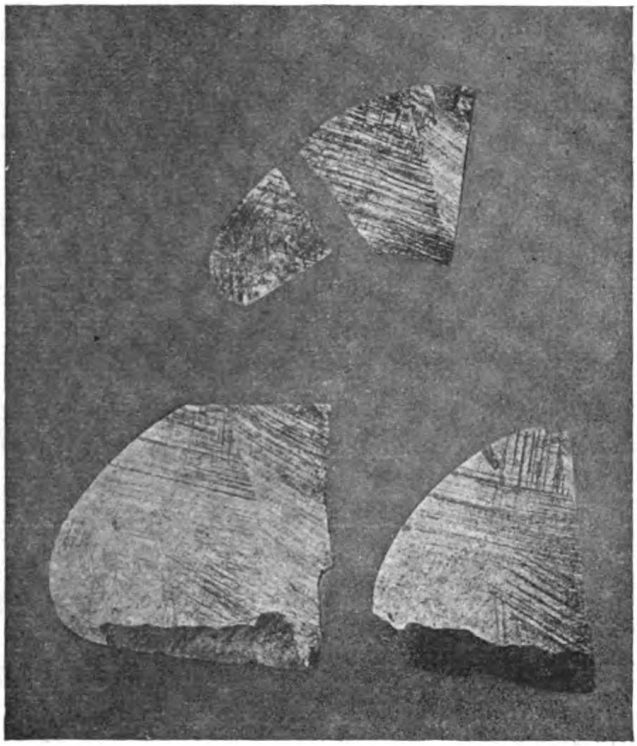


Fig. 34: Die Platten V, geäzt (Würfelflächen).

einfache Weise eine Festlegung der Achsenrichtungen in grösserem Masstabe zu gestatten.

Um weitere Aufschlüsse zu erlangen, wurde daher die Bruchfläche und ihre Umgebung poliert und mit verdünnter Salpetersäure geäzt. Dadurch traten zunächst die Umrisse der einzelnen Kristalle sehr deutlich zutage, wie dies besonders in Figur 34 schön sichtbar ist, indem diese verschiedenen Glanz annehmen. Daneben erschienen

[1]) F. Osmond and G. Cartaud, Journal of the Iron and Steel Institute, No. III, for 1906.

aber auf den Würfelflächen auch die Neumann'schen Linien, die in der gleichen Figur äusserst zahlreich zu sehen sind. Sie haben nach Osmond eine sehr geringe, aber bestimmte Dicke und wurden von ihm als durch mechanische Einwirkung entstandene Zwillinge oder Einsprengsel betrachtet. Die Richtungen, die sie einnehmen können, sind in der Würfelfläche die der Diagonalen und die der Verbindungsgeraden der Ecken mit den Mitten der nicht anliegenden Seiten. Ihre gegenseitige Lage wurde an dem Kristall V speziell untersucht, und zwar mit Hilfe von drei Platten, die aus demselben im Abstand von 1,5—2 mm parallel zur gleichen Würfelfläche geschnitten wurden. Die Figur 34 stellt diese ungefähr in natürlicher Grösse dar. Dabei ist die Platte links unten die mittlere. In den beiden unteren Platten erkennt man im unteren Teil an der dunkleren Färbung einen recht grossen, an der Platte rechts unten am oberen Rand und an der oberen Platte rechts oben je noch einen kleinen fremden Kristall. An der oberen Platte und an der Platte links unten ist ferner auf der rechten Seite eine vom Hauptstück etwas verschiedene dreieckige Region zu erkennen. Die Bruchfläche war hier ursprünglich um einen ganz kleinen Winkel gegen die des Hauptteiles geneigt, bei der Bearbeitung wurden aber beide Teile auf die Richtung der letzteren abgefeilt. An der Begrenzungsfläche des Schmelzstückes, die sich an die Wand des Tiegels anschloss (ungefähr senkrecht zur Bruchfläche; an den Platten der Figur 34 entspricht ihr der Rand oben und rechts), waren indessen die beiden Stücke nach der Äzung nicht voneinander zu unterscheiden, so dass man es wahrscheinlich hier mit zwei etwas verdrehten Teilen eines und desselben Kristalls zu tun hat, eine Vorstellung, die nach dem folgenden nicht unhaltbar erscheint. Die sehr zahlreichen Neumann'schen Linien zeigen über die ganze Fläche hin eine recht unregelmässige Verteilung. Die verschiedenen Systeme derselben treten an verschiedenen Stellen des Kristalls in verschiedener Stärke auf und schneiden sich mehrfach. Daneben gibt es auch ganz linienarme Regionen. Die gleichen Liniengruppen sind oft nicht in jeder der drei Platten, oder wenigstens nicht in derselben Stärke vertreten. In der oberen Platte weist ungefähr in der Mitte das Hauptsystem zudem einen deutlichen Knick auf. — Die Winkelmessungen ergaben folgende Resultate: Platte links unten (mittlere Platte): Als Ausgangsrichtung wurde die der Hauptgruppe gewählt, die in der Mitte der Platte leicht nach links ansteigend verläuft. Die andern Gruppen bilden mit ihr die Winkel (Drehsinn des Uhrzeigers):

15° 20′: kleine Gruppe links unten.
16° 40′: „ „ „ Mitte.
17° 0′: starke „ unten „
68° 40′: kleine „ links unten und links Mitte.
69° 0′: „ „ unten Mitte.
81° 40′: starke „ oben „
94° 0′: kleine „ unten „
102° 20′: „ „ links „
158° 20′: „ „ „ „
159° 0′: „ „ rechts unten.

Platte rechts unten, ausgehend von der gleichen Liniengruppe:

2° 20′: Teile der Hauptgruppe gegen den linken Rand hin.
20° 0′: starke Gruppe rechts unten bis Mitte.
75° 0′: kleine „ unten Mitte.
88° 20′: starke „ rechts oben.
161° 0′: kleine „ „ unten.

Obere Platte, grösseres Stück, gleiche Ausgangsrichtung (Gruppe in der Mitte der Platte):

87° 0′: starke Gruppe oben Mitte.
177° 20′: Hauptgruppe links des Knicks.

Obere Platte, kleineres Stück, gleiche Ausgangsrichtung:

15° 40′:
69° 0′:
92° 0′: } alles kleine Gruppen.
106° 0′:
157° 0′:

Nimmt man an, die als Hauptrichtung gewählte sei die einer Flächendiagonale des Würfels, so sollten die andern Liniengruppen mit ihr die Winkel bilden: 18° 26′, 71° 34′, 90°, 108° 26′, 161° 34′, 180°, welche in der Figur 35 (siehe S. 178) durch längere Striche markiert sind, während für die wirklich beobachteten kürzere Verwendung fanden. Die Tatsache, dass alle diese theoretischen Winkel mit einer gewissen Annäherung vertreten sind, bestätigt diese Annahme. Die Abweichungen sind aber nicht gering und lassen darauf schliessen, dass die Struktur des Kristalls keineswegs in allen Details die theoretische ist. Besonders die Knicke in den Linien und der Umstand, dass sich zwei starke Liniengruppen unter einem Winkel von 81° 40′ schneiden, sind durch keine Unregelmässigkeiten erklärlich, die sich

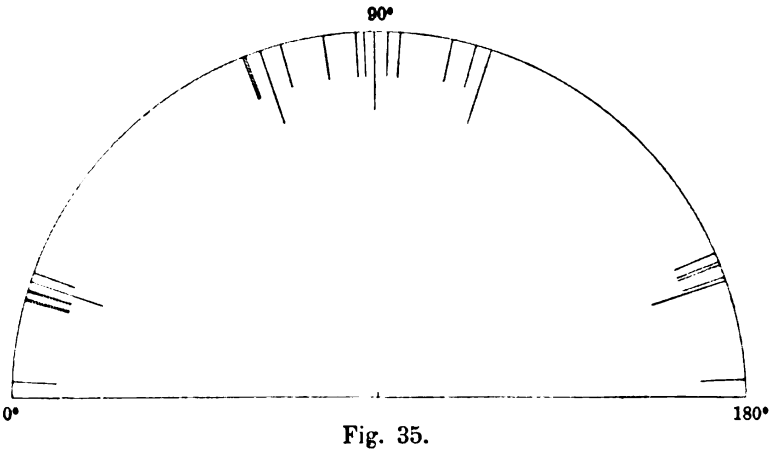


Fig. 35.

im Glanz der Fläche oder in ihrer Struktur beim Bruch hätten erkennen lassen. Es ist auch auffallend, dass die gleichen Liniengruppen nicht einmal in allen Platten die gleichen Winkel miteinander bilden, und zwar sind die Abweichungen beträchtlich grösser als die Fehlergrenze bei ihrer Messung. So bildet eine starke Gruppe mit der Hauptgruppe in der oberen Platte den Winkel 87° 0′, in der Platte rechts unten den Winkel 88° 20′ und in der dazwischen liegenden Platte links unten den Winkel 81° 40′. Ferner sind die gegen die linken Ränder der Platten hin gelegenen geknickten Teile der Hauptgruppe das eine Mal nach oben (2° 20′), das andere Mal nach unten abgebogen (177° 20′). Man kommt dadurch auf den Eindruck, der Kristall habe während oder nach der Entstehung der Neumann'schen Schichten starke mechanische Deformationen erlitten.

Osmond nimmt in seiner oben angeführten Arbeit über die Kristallographie des Eisens die ursprünglich von Tschermak auf Grund der überhaupt möglichen Neumann'schen Linien aufgestellte Hypothese an, nach welcher die Schichten, welche diese Linien bilden, Zwillingskristallen angehören, die gleich wie die Zwillinge des Flussspates gebildet sind. Dabei ist die Zwillingsebene eine Oktaederfläche. Tschermak ging aber noch weiter, indem er annahm, dass nun die Flächen des Zwillingswürfels zugleich auch die Verwachsungsebenen seien, längs welchen sich die Kristalle berühren. Diese Hypothese ist aber durch Beobachtungen widerlegt worden, welche erwiesen, dass die auf verschiedenen Würfelflächen tatsächlich vorkommenden Linienkombinationen nicht in diese Flächen hineinpassen. Osmond entschied sich daher für die Auffassung von Linck, welcher den ersten Teil der Tschermak'schen Annahme beibehielt, aber als Verwachsungsebene eine solche annahm, die parallel zu einer Körper-

diagonale (Zwillingsachse) und einer dazu windschiefen Flächendiagonale (für beide Würfel parallel) verläuft. Die gegenseitige Lage von zwei Würfeln, die sich wie Flusspat-Zwillinge zueinander verhalten, ist in Figur 36 dargestellt, wo die Flächen des einen

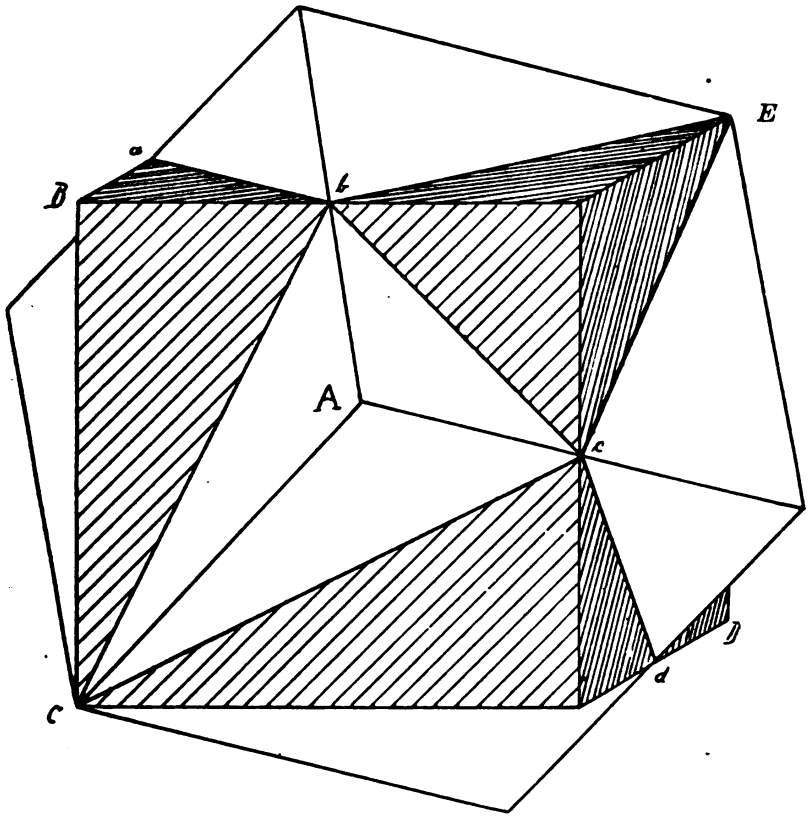


Fig. 36.

Würfels schraffiert sind, und die Zwillingsebene mit $abcd$, und die Verwachsungsebene mit CcE bezeichnet ist.

Osmond hat schliesslich gezeigt, dass eine solche Zwillingsbildung ziemlich leicht als durch mechanische Einwirkung entstanden erklärt werden kann. Denkt man sich das Innere eines Würfels durch ein gewöhnliches kubisches Punktgitter ausgefüllt und die einzelnen Punkte durch Parallele zu den Würfelkanten verbunden, so erhält man für eine Diagonalebene (Rhombendodekaederfläche) ein Rechteck, das in ähnliche kleine Rechtecke unterteilt ist. Diese Diagonalebene ist aber auch eine solche für den Zwillingskristall. Die Schicht, die nach Linck von den Neumann'schen Linien eingenommen wird, verläuft in der genannten Schnittebene parallel

zur Diagonale, wie dies Figur 37 zeigt. Es wäre bei d ein Punkt des Raumgitters des ersten Würfels; er bildet mit den Punkten a und b, die beiden Würfeln angehören, ein rechtwinkliges Dreieck. An seiner Stelle hat man nun aber den Punkt d' des zweiten Würfels, der mit a und b ein zum ersten kongruentes Dreieck bildet. Die Punkte des einen Raumgitters gehen also durch eine einfache Verschiebung parallel zur Raumdiagonale des ersten Würfels (Zwillingsachse) in die des zweiten über, und diese Verschiebung kann als Wirkung irgendeines Druckes aufgefasst werden.

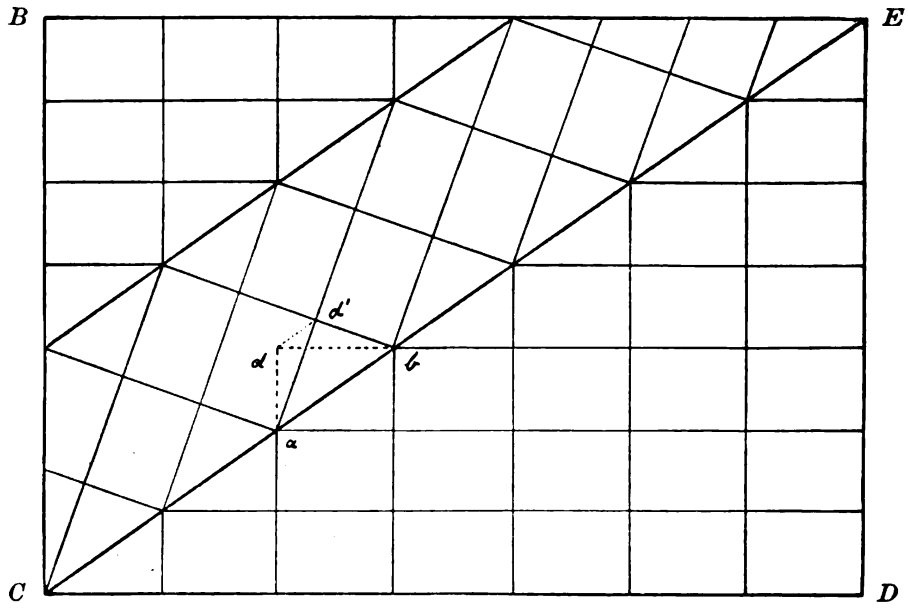


Fig. 37.

Um den Verlauf der Neumann'schen Linien auf mehreren Flächen des gleichen Würfels verfolgen zu können, wurde aus dem besonders günstigen Kristall V, ausgehend von der Bruchfläche und der als Seitendiagonalen erkannten Gruppe von Neumann'schen Linien, noch zwei anstossende Seiten des gleichen Würfels herausgesägt und geätzt. Man erhielt so mit ordentlicher Genauigkeit die Würfelecke, deren Photographie die Figur 38 (nebenstehend) wiedergibt. Die Fläche links ist dabei das kleinere Stück der oberen Platte in Figur 34. Die Details der beiden anderen Flächen sind aus Figur 39 (nebenstehend) ersichtlich, wo die Fläche, die in Figur 38 rechts oben ist, wieder oben, die Fläche rechts unten der Figur 38 wieder unten ist. Die auf der Fläche links am besten sichtbaren Linien gehören der bei den Winkelmessungen als Normalrichtung angenommenen Seitendiagonale an. Die Schichten, zu denen

sie gehören, bilden die Hauptgruppen der Neumann'schen Linien der beiden andern Flächen. Diese bilden in ihren Ebenen mit den Kanten, die an die ursprüngliche Bruchfläche stossen (Fläche links), Winkel, die offenbar dem theoretischen Wert 26° 34′ entsprechen, so dass durch alle drei Richtungen eine Ebene gelegt werden kann. Diese ist im Würfel so gelegen, dass sie eine Seitendiagonale und die Mitte der einen dazu senkrechten und windschiefen Würfelkante enthält. Tatsächlich ist das nichts anderes als die Ebene, längs welcher sich nach der Linck'schen Hypothese die beiden Zwillingskristalle berühren sollen. Die freigelegte Würfelecke hat also zur Verwachsungsebene die gleiche Lage wie die Ecke *A* in Figur 36.

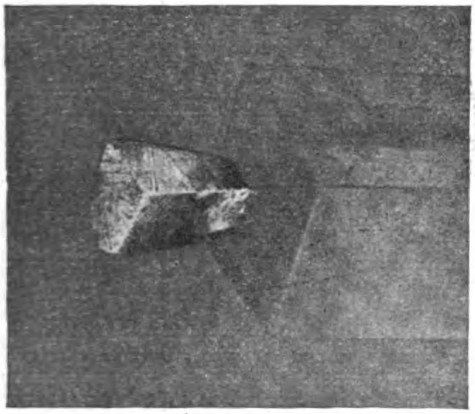


Fig. 38: Die Würfelecke V, geäzt.

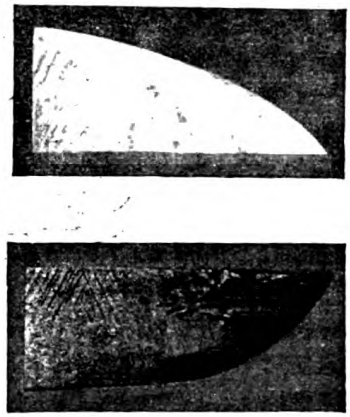


Fig. 39: 2 Seiten der Würfelecke V (Platten V_3 und V_4).

Die Erscheinung der Neumann'schen Linien war zu dem Zwecke näher untersucht worden, um eventuell Anhaltspunkte über die Ursachen der verschiedenen beobachteten Unregelmässigkeiten bei der Magnetisierung zu bekommen. Aus den drei parallelen Platten V (Fig. 35) wurden daher 10 Plättchen für die Messungen geschnitten, deren Lage und Nummern aus der Figur 40 (siehe S. 182) ersichtlich sind. Die Platte V_5 ist parallel zu V_2 und direkt hinter derselben (also auf der andern Seite von V_2 als V_6) geschnitten, V_3 aus der Fläche rechts oben, und V_4 aus der Fläche rechts unten der in Figur 38 abgebildeten Würfelecke. V_2 und V_5 liegen somit in dem von V_3 und V_4 gebildeten Winkelraum.

Die Resultate sollen so dargestellt werden, dass von den 2-zähligen Achsen, die in den grossen Platten enthalten sind, die mit *n* bezeichnet wird, welche parallel zur Hauptgruppe der Neumann'schen

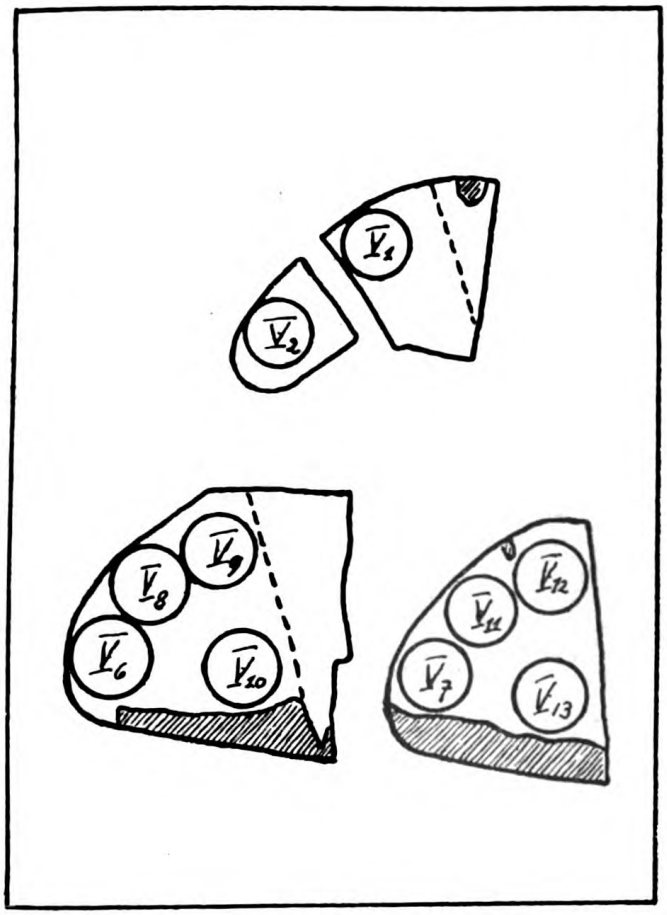


Fig. 40.

Linien verläuft, die andere mit m. a soll diejenige 4-zählige Achse sein, die mit n einen Winkel von 45° im Sinne des Uhrzeigers bildet, b die andere. Die Platten V_3 und V_4 enthalten dann eine dritte 4-zählige Achse c und je zwei weitere 2-zählige Achsen r, s und v, w. Die folgende Tabelle enthält die Zahlenwerte für Π_2 für die Sättigung, die schon zur Berechnung von A verwendet wurden, in einer Anordnung, die diesem neuen Gesichtspunkt entspricht (nebenstehende Tabelle).

Es sind hier jeweilen übereinanderliegende Platten zusammengestellt. Überall wurde die Achse a (mit Ausnahme von Platte V_4, wo diese gar nicht vorkommt) als Nullpunkt von Π_2 angenommen, um den Vergleich der Platten zu erleichtern. Die Bruchfläche des Stückes lag zwischen der oberen Platte und der unten links in Figur 34, so dass die Orientierung der Platte unten rechts, der die

	Π_2			
Platte	a	b	n	m
V_3	0	($c = 4080$)	($r = 14510$)	($s = 15680$)
V_4	($c = 0$)	1560	($v = 14420$)	($w = 13550$)
V_5	0	3650	14790	15280
V_2	0	740	12770	14390
V_6	0	— 1010	10700	15120
V_7	0	1750	14590	13580
V_{10}	0	— 610	14070	10640
V_{13}	0	— 480	12610	13260
V_1	0	— 3310	12080	11260
V_8	0	— 230	11130	16130
V_{11}	0	1770	14990	13000
V_9	0	1950	13320	14750
V_{12}	0	— 1240	11970	13120

Stücke V_7, V_{11}, V_{12}, V_{13} entnommen sind (siehe Figur 40), weniger sicher sein könnte als die der beiden andern.

Vergleicht man diese Zusammenstellung mit der Verteilung der Neumann'schen Linien in Figur 34, so findet man gar keinen Zusammenhang zwischen den Unregelmässigkeiten der Magnetisierungsenergie und ihnen heraus. Eine gewisse Übereinstimmung müsste z. B. bei den Platten V_1, V_8, V_{11} erkennbar sein, welche alle in der Gegend liegen, wo das Hauptsystem der Linien stark vorherrscht. Die Übereinstimmung des Unterschiedes in den beiden 2-zähligen Achsen für die übereinanderliegenden Platten V_9 und V_{12} scheint daher eher zufällig zu sein, besonders da die 4-zähligen Achsen wieder gar nicht stimmen. Von den vier übereinanderliegenden Platten V_5, V_2, V_6, V_7 stimmen allerdings die Vorzeichen der Unterschiede in den 4-zähligen Achsen dreimal, ebenso in den 2-zähligen Achsen, doch ist das eine Mal das abweichende Stück V_6, das andere Mal V_7. Eine gewisse Übereinstimmung der Platten untereinander lässt sich ferner bei den 4-zähligen Achsen der Stücke V_3, V_4, V_5, V_2 erkennen, wo Π_2 durchwegs am kleinsten zu sein scheint für a, grösser für b und am grössten für c, doch zeigen sich in den Differenzen selbst sehr starke Unterschiede. — Auch die Stücke, die aus den gleichen Platten stammen, zeigen keine Übereinstimmung untereinander, so dass eine mögliche ungenaue Orientierung der ganzen Platten ebenfalls als Ursache der Unregelmässigkeiten nicht in Betracht kommt.

Es ist somit nicht anzunehmen, dass das ungleichmässige Auftreten der Neumann'schen Linien und die Abweichungen der Magnetisierungsgrössen von der regulären Symmetrie in direktem Zuzammenhang stehen, doch zeigt die erste Erscheinung, dass vielleicht schon während der Entstehung der Kristalle wahrscheinlich mechanische Kräfte in den einzelnen Teilen eines ausgedehnten Kristalls sehr verschiedene Zwillingsbildungen hervorrufen können, und so eine gewisse Inhomogenität des Materials erzeugen. Dadurch wird aber die Möglichkeit des Auftretens weiterer Inhomogenitäten, auf die die Unterschiede in der Magnetisierung zurückzuführen wären, bedeutend weniger befremdend gemacht, besonders wenn man noch bedenkt, dass die Unregelmässigkeiten in den Winkeln der Neumann'schen Linien möglicherweise durch ähnliche Störungen bedingt sein können. Daneben lassen die verschiedenen Werte, die für die Sättigungsintensität gefunden wurden, noch den Gedanken an eine ungleichmässige Verteilung von Verunreinigungen zu, die hier allenfalls auch eine Rolle spielen könnte.

2. Das Pyrrhotinschema.

Nach dem schönen Erfolg, den Weiss mit seiner Schematisierung des Pyrrhotins gehabt hat, liegt es nahe, etwas Ähnliches für das Eisen zu versuchen. Man stösst dabei aber sofort auf die Schwierigkeit, dass man in jeder einfach orientierten Platte nicht nur zwei zueinander senkrechte bevorzugte Richtungen hat wie beim schematisierten Pyrrhotin, dass also eine Zerlegung von H oder σ immer in mindestens drei Komponenten erfolgen müsste, was aber nicht mehr eindeutig durchführbar ist.

Dagegen schien es nicht von Anfang an aussichtslos, den regulären Eisenkristall durch Superposition von rhombischen Pyrrhotinkristallen aufzubauen, wie dies bei den scheinbar hexagonalen Pyrrhotinen gelungen ist. Für sehr grosse Felder bekommt aber die Kurve der D in der magnetischen Ebene beim Pyrrhotin auch ungefähr Sinusform mit einem Maximum von Π_2 in der Richtung der schweren Magnetisierbarkeit und einem Minimum in der Richtung der leichten. In einer Würfelfläche hätte also das eine Pyrrhotinelement des so zusammengesetzten Eisenkristalles z. B. in der Richtung der einen 4-zähligen Achse das Maximum von Π_2, das andere das Minimum; die Kurven würden sich somit für alle Azimute gerade aufheben. Die D-Kurven müssten eine mit wachsendem H abnehmende Amplitude aufweisen, während sie beim Eisen, wie die Versuche ergeben haben, einem Maximum zustreben (siehe Figur 19).

Erscheint demnach ein Aufbau der Eisenkristalle aus Elementen nach dem Pyrrhotinschema als endgültig ausgeschlossen, so bietet doch die folgende Überlegung, trotzdem ihr also ein unmittelbarer praktischer Wert abgeht, einiges Interesse.

Unter der Annahme, dass in eine Würfelfläche eines Eisenkristalls die magnetischen Ebenen von zwei gleich stark vertretenen Pyrrhotinelementen fielen, müsste in kleineren Feldern, wo die D-Kurven des Pyrrhotins noch stark von der Sinusform abweichen, allerdings auch beim Eisen eine Variation von D bemerkbar sein, wie die Figur 41

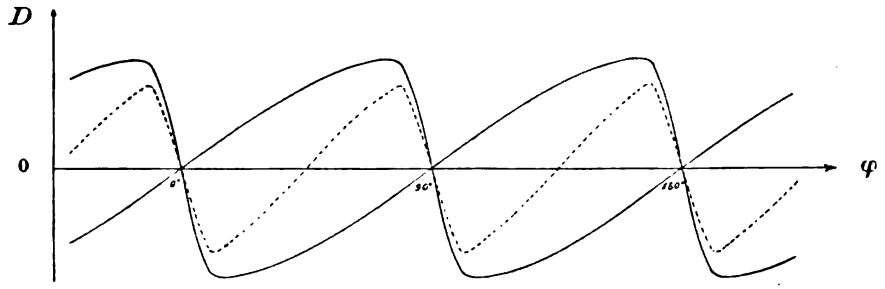


Fig. 41.

zeigt, wo die punktierte Kurve die Summe der beiden schematischen Pyrrhotinkurven (ganz ausgezogen), die um 90° gegeneinander verschoben sind, darstellt, also die D-Kurve des Eisens. Die Amplitude dieser Kurve würde mit wachsendem H schliesslich verschwinden. — Um einen bestimmten Fall vor sich zu haben, kann man offenbar die weitere Annahme machen, die Richtungen der extremen Magnetisierbarkeit der Pyrrhotinelemente fallen auf die 4-zähligen Achsen des Eisens; es wäre also dort, wo sich in Figur 41 die beiden Pyrrhotinkurven schneiden, je eine solche. Unter Verwendung dessen, was im Kapitel über die Magnetisierungsenergie ausgeführt wurde, und aus der Figur 41 erkennt man, dass bei einem so zusammengesetzten, scheinbar regulären Kristall in schwachen Feldern die Richtungen der 4-zähligen Achsen gegenüber denen der 2-zähligen schwerer magnetisierbar sein müssten, dann aber eine Inversion aufwiesen, welche gestattete, dass für $H = \infty$ $\Pi_2 = 0$ würde für alle Azimute. Man hätte also in den Würfelplatten eine Erscheinung, wie sie für die Oktaederplatten des Eisens tatsächlich charakteristisch ist, wo die 2-zähligen Achsen gegen die Projektionen der 4-zähligen gerade die Rolle spielen, die ihnen unter der gemachten Annahme in der Würfelplatte gegen die 4-zähligen Achsen selbst zukäme.

Auch die Inversionen der Hysteresis und ferner die Tatsache, dass die $\sigma_{(H)}$-Kurven für die Achsenrichtungen in den Figuren 8 und 13 sich teilweise ohne grosse Willkür in ihren oberen Teilen — die unteren Teile können in den Einzelheiten durch die Form der Platten bestimmt sein — als aus geraden Stücken zusammengesetzt auffassen lassen, legen die Vermutung nahe, dass die untersuchten Eisenkristalle, und vielleicht auch die mit ihnen verwandten Magnetitkristalle, doch aus einfacheren Elementen zusammengesetzt sind; nur hat man dabei an Elemente zu denken, die nach einem andern als dem Pyrrhotinschema aufgebaut sind.

Der Einfluss des Lichtes auf die Permeabilität der Plasmahaut und die Methode der Permeabilitäts-Koeffizienten.

Von

ARTHUR TRÖNDLE.

(Mit 2 Textfiguren.)

(Als Manuskript eingegangen am 14. Dezember 1917.)

1. Kritik der früheren Versuche.

In einer früheren Arbeit (1910) untersuchte ich den Einfluss des Lichtes auf die Permeabilität der Palisadenzellen von *Buxus sempervirens* und *Tilia cordata* für NaCl mit der Methode der Permeabilitätskoeffizienten. Die folgende Formel (vgl. 1910, S. 175—185) wurde angewendet:

$$\mu = 1 - \frac{i'}{i},$$

worin μ der Permeabilitätskoeffizient, i' der experimentell ermittelte und i der theoretische isotonische Koeffizient ist. Dieser Koeffizient gibt bekanntlich das Verhältnis des osmotischen Druckes $\frac{\text{Elektrolyt}}{\text{Nichtelektrolyt}}$ an, äquimolekulare Lösungen vorausgesetzt. Man erhält denselben Koeffizienten durch Division der plasmolytischen Grenzkonzentration des Nichtelektrolyten durch die des Elektrolyten. Dringt der Nichtelektrolyt durch die Plasmahaut nicht ein, so wird i seinen kleinsten Wert erreichen, wenn auch der Elektrolyt nicht eindringt. Lässt hingegen die Plasmahaut den Elektrolyt eintreten, so wird seine plasmolytische Grenzkonzentration höher, als sie theoretisch bei absoluter Semipermeabilität sein müsste. Der dann gefundene isotonische Koeffizient i' muss also kleiner sein als der theoretisch zu fordernde.

In den früheren Untersuchungen wurde i' direkt aus dem plasmolytischen Versuch ermittelt und i aus dem Leitvermögen berechnet, wobei sich für 0,5 Mol NaCl der Wert 1,742 und für 1 Mol der Wert 1,681 ergab. Da die Konzentrationen des NaCl in den Ver-

suchen zwischen 0,6—1,1 Mol schwankten, so wurde i als konstant genommen und für die Berechnung von μ zu 1,70 angesetzt. Für die verfolgten physiologischen Zwecke schien diese Abrundung gestattet.

Abgesehen davon, dass die Werte für i nicht völlig übereinstimmen, wenn sie aus dem Leitvermögen, oder wenn sie aus der Gefrierpunktserniedrigung berechnet werden, lässt sich ein anderer, weit wichtigerer Einwand gegen die Verwendung des berechneten i-Wertes machen, worauf Renner hinwies (1912). Man hatte bis dahin angenommen, dass der osmotische Druck des Rohrzuckers der molaren Konzentration nach Arrhenius proportional sei (1 Mol Saccharose nach Arrhenius = 342 gr im Liter Lösung). Nach Morse's Messungen mit verbesserten Pfeffer'schen Zellen steigt der Druck aber in stärkerem Masse als die Konzentration, was sich bei schwachen Konzentrationen praktisch kaum bemerkbar macht, wohl aber bei hohen Konzentrationen, wie ich sie verwenden musste. Berechnen wir aus dem Leitvermögen des NaCl den Dissoziationsfaktor, so erhalten wir eine Zahl, die angibt, um wievielmal die Zahl der Ionen + Moleküle des NaCl grösser ist als die Zahl der Moleküle in einer äquimolekularen Saccharoselösung. Diese Zahl gibt uns zugleich das Verhältnis der osmotischen Drucke, es ist der Dissoziationsfaktor gleich dem isotonischen Koeffizienten, wenn nach Van't Hoff der osmotische Druck der Zahl der Ionen + Moleküle resp. der Moleküle proportional geht. Für den Rohrzucker trifft das offenbar bei höhern Konzentrationen nicht mehr zu, der Druck steigt stärker.

Eine Möglichkeit, diesen Schwierigkeiten zu entgehen, bietet sich folgendermassen: Je geringer die Permeabilität für NaCl ist, desto grösser muss, wie gesagt, der Wert für i' werden. Da nun in meinen Versuchen die Permeabilität für NaCl beträchtlich schwankte, so lässt sich vermuten, dass die grössten gefundenen i'-Werte den theoretischen isotonischen Koeffizienten i am nächsten kommen. Ich habe deshalb aus den Protokollen der früheren Arbeit für jede NaCl-Konzentration den grössten zugehörigen i'-Wert ausgezogen. Diese Werte sind in der Fig. 1 (nebenstehend) mit Kreuzen eingezeichnet. Sie bilden keinen einheitlichen Verlauf, denn es war ja Zufall, ob eine bestimmte NaCl-Konzentration gerade dann die plasmolytische Grenzkonzentration war, wenn die Permeabilität Null oder fast Null war. Die genannten i'-Werte zeigen nun aber im allgemeinen deutliche Abnahme mit zunehmender Konzentration. Das ist verständlich, denn auch dann, wenn der osmotische Druck der Konzentration des NaCl proportional gehen würde, müsste der isotonische Koeffizient mit zu-

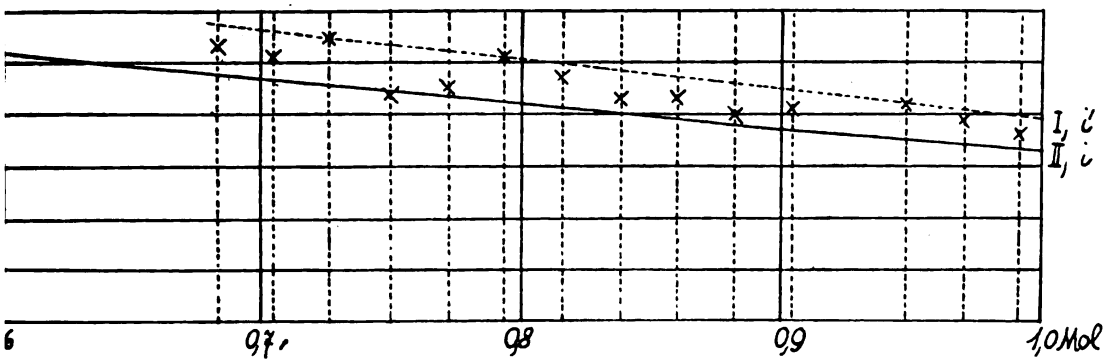


Fig. 1.

nehmender Konzentration kleiner werden, da der osmotische Druck des Rohrzuckers stärker steigt als die Konzentration. Da diese Abnahme regelmässig sein muss, scheint es mir am richtigsten, in der Fig. 1 die höchsten i'-Werte durch eine gleichmässig laufende Linie (Kurve I, i') zu verbinden und daraus durch graphische Interpolation für die einzelnen Konzentrationen die zugehörigen i'-Werte zu bestimmen, die als identisch mit den theoretischen isotonischen Koeffizienten i angesehen und zur Berechnung von μ mit der eingangs erwähnten Formel gebraucht werden können. Es ergibt sich so:

Mol NaCl:	0,683	0,705	0,727	0,750	0,772	0,794	0,816	0,838	0,860	0,882	0,904
	0,926	0,948	0,970	0,992	1,014.						
i: =	1,57	1,56	1,55	1,53	1,52	1,51	1,49	1,48	1,47	1,46	1,44
	1,43	1,42	1,41	1,40	1,38.						

Wenn wir nicht nur den osmotischen Druck des Rohrzuckers, sondern auch den des NaCl mit einer Pfeffer'schen Zelle direkt genau bestimmen könnten, so wären uns natürlich die isotonischen Koeffizienten für die einzelnen Konzentrationen direkt bekannt. Renner (1912) führt auf Grund von Berechnungen aus, dass der osmotische Druck von 1 Mol NaCl (Konz. nach Arrhenius) 45 At beträgt, und dass der Druck des NaCl den Konzentrationen nach Arrhenius zwischen 0,1—1 Mol proportional geht. Damit besteht die Möglichkeit, den Druck des NaCl für beliebige Konzentrationen zu berechnen. Anderseits kennen wir die von Morse für verschiedene Konzentrationen des Rohrzuckers gemessenen Drucke. Da das Konzentrationen nach Raoult sind (1 Mol Saccharose nach Raoult = 342 gr Saccharose in 1000 gr H_2O), so rechnen wir die Konzentrationen nach Arrhenius um in solche nach Raoult, und be-

stimmen dafür durch Interpollation aus Morses Angaben den osmotischen Druck (siehe die Anweisung bei Renner 1912, S. 494). Nun brauchen wir einfach den Druck der NaCl-Lösungen durch den Druck der äquimolekularen Saccharoselösungen zu dividieren, um die theoretischen isotonischen Koeffizienten zu erhalten. Diese Koeffizienten sind in der Fig. 1 eingezeichnet und ihre Endpunkte durch die Kurve II, i, verbunden. Diese Kurve liegt etwas tiefer als die Kurve I, und zwar um 0,07—0,09, aber beide Kurven sind einander fast parallel. Es scheint mir deshalb, dass wir auch im Hinblick auf diese, an und für sich ja auch nicht absolut sichere Berechnung es wagen dürfen, die oben abgeleiteten maximalen i'-Werte zur Berechnung für μ mit i zu identifizieren. Damit habe ich nun in allen Protokollen der früheren Arbeit μ neu berechnet, ohne eine Abrundung der i-Werte vorzunehmen, um zu sehen, ob die früher gezogenen Schlüsse durch die neue verbesserte Berechnungsart irgendwie geändert werden. Im folgenden teile ich eine Anzahl der neuen Berechnungen mit.

a) Abhängigkeit der Permeabilität von der Lichtintensität bei gleichlanger Belichtungsdauer.

Entspricht der zusammenfassenden Tabelle 1910, S. 189—190.

Versuchs-nummer	Anfangs-permea-bilität μ	End-permea-bilität μ	Grösse und Richtung der Reaktion = Änderung von μ (Die frühern Werte sind eingeklammert.)		Entfernung von der Lichtquelle
13	0,087	0,061	— 30 %	— 28 % (— 14,5)	10 cm
14a	0,127	0,094	— 26		10 „
12	0,104	0,085	— 18		35 „
15a	0,056	0,058	+ 3,5	+ 1,5 % (— 6)	35 „
14b	0,131	0,155	+ 18		35 „
11	0,076	0,123	+ 62		50 „
15b	0,075	0,099	+ 32	+ 88 % (+ 22)	50 „
16a	0,047	0,127	+ 170		50 „
16b	0,066	0,131	+ 98	+ 111 % (+ 16)	60 „
17a	0,049	0,110	+ 124		60 „
17b	0,053	0,092	+ 73	+ 73 % (0)	90 „
10	0,092	0,086	— 7	— 7 % (— 20)	∞

Das Ergebnis ist gleich wie früher (vergl. 1910, S. 190), bloss wird es nach der neuen Berechnung noch schärfer herausmodelliert.

b) Abhängigkeit der Permeabilität von der Belichtungsdauer bei konstanter Lichtintensität.

Entspricht der zusammenfassenden Tabelle 1910, S. 202, Vers. 24.

	Minuten							Stunden					
Beleuchtungsdauer	7,5	11	13	15	20	22	30	1	1,5	2	3	4	24
Anfangspermeabilität μ	0,066	0,099	0,106	0,073	0,094	0,090	0,060	0,092	0,093	0,076	0,101	0,095	0,095
Endpermeabilität μ	0,066	0,101	0,114	0,085	0,126	0,120	0,066	0,092	0,084	0,069	0,083	0,073	0,054
Änderung von μ:													
neue Berechnung	0	+ 2	+7,5	+16,5	+ 34	+ 33	+ 10	0	−9,5	−9,5	− 18	− 23	− 43
alte Berechnung	0	+0,5	+4,5	+ 7	+ 14	+17,5	+3,5	0	−1,5	−6,5	−9,5	− 14	− 20

Der Verlauf ist derselbe wie früher, nur sind die Ausschläge grösser.

Änderung der Permeabilität bei längerer Verdunkelung.

(Zusammenfassende Tabelle 1910, S. 204; Vers. 28, S. 258.)

Dauer der Verdunkelung	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Tag
Tagesmittel von μ	0,092	0,086	0,047	0,068		0,074	0,079	0,095	0,084	0,079	
=	100	93,4	51,0	73,9		80,4	85,7	103,2	91,3	85,7	
Alte Berechnung =	(100)	(80,3)	(57,0)	(65,2)		(68,4)	(72,6)	(79,9)	(74,4)	(69,4).	

c) Abhängigkeit der Permeabilität von der Lichtmenge.

(1910. Vers. 24, 29—33.)

Es ist leicht ersichtlich, dass die Reaktionszeiten sich gleichbleiben, da es sich ja um die Bestimmung des Zeitpunktes handelt, wo die Änderung der Permeabilität eben beginnt. Übrigens habe ich auch hier vorsichtshalber alle μ-Werte neu berechnet.

d) Narkoseversuch (1910, Vers. 34, S. 209).

1. Narkose mit Äther:

Anfang μ	Ende	Änderung von μ in %
0,111 (0,202)	0,111 (0,202)	0

2. Nach Erholung von der Äthernarkose

0,085 (0,166)	0,116 (0,194)	36,5% (17%).

Die frühern Werte sind eingeklammert. Das Resultat, dass in der Äthernarkose das Licht ohne Einfluss auf die Permeabilität ist, bleibt unverändert.

e) Stimmungsänderung (1910, Tabelle auf Seite 210).

Reaktion (= Änderung von μ in % bei gleicher Lichtstärke und konstanter Belichtungsdauer in verschiedenen Jahreszeiten).

Entfernung von der Lichtquelle	10 cm	35 cm	50 cm	∞
6/7 Januar 1909	—	—	—	-7 (-20)
18/19 „ 09	—	—	62 (26)	—
1/2 Februar 09	-30 (-16)	—	—	—
8/9 „ 09	—	-18 (-8)	—	—
16/17 „ 09	—	-3,5 (-5,5)	32 (14)	—
18/19 „ 09	—	—	170 (26)	—
25/26 „ 09	-26 (-13)	18 (-5)	—	—
15/16 März 09	-8 (-12,5)	1,5 (-7)	—	—
17/18 „ 09	—	—	23 (4,5)	—
19/20 „ 09	—	—	—	-18 (-21)
23/24 „ 09	—	—	0 (-5)	—
25/26 „ 09	—	19,7 (7)	—	—
30/31 „ 09	+44 (+24)	30,5 (10)	—	—
1/2 April 09	—	—	-38 (-28)	—
26/27 „ 09	+31 (+11)	—	—	—
28/29 „ 09	—	-13 (-10)	-20 (-20)	—
3/4 Mai 09	—	—	—	-51,5 (-48)
5/6 „ 09	-1 (-15)	—	—	—
12/13 „ 09	—	—	-13 (-17)	—
18/19 „ 09	—	—	—	-40,5 (-30)
6/7 Juli 09	—	—	—	-68 (-48)
22/23 „ 09	—	-1 (-8)	-26 (-21)	—

Abhängigkeit der Stimmung von der vorhergehenden Belichtung (1910, Vers. 45, S. 214).

11. November 1909, 9^{15} vorm.

a) Zweig in 50 cm von der Lampe.

b) „ „ 90 „ „ „ „

12. November 1909, 9^{30} vorm.

Beide Zweige in 40 cm von der Lampe.

a) Anfangspermeabilität μ 0,104 (0,184)
Endpermeabilität μ 0,122 (0,208)
Änderung von μ +17,3% (13%).

b) Anfangspermeabilität μ 0,122 (0,196)
Endpermeabilität μ 0,067 (0,145)
Änderung von μ −45% (−26%).

1910, Versuch 48, Seite 217.

Zwei gegenständige Zweige, abgeschnitten 12. Juli vorm., auf Erlenmeyer montiert, am Fenster im Zimmer nebeneinander aufgestellt.

a) Frei.

b) Mit Seidenpapier umhüllt.

13. Juli. Die zwei Zweige wurden unter denselben schwarzen Zylinder gestellt.

a) Anfangspermeabilität	μ	0,207	(0,286)
Endpermeabilität	μ	0,141	(0,208)
Änderungen von	μ	— 32%	(— 27%.
b) Anfangspermeabilität	μ	0,169	(0,249)
Endpermeabilität	μ	0,140	(0,204)
Änderung von	μ	— 17%	(— 18%).

Als Gesamtergebnis ergibt sich also, dass durch die Korrektur der Berechnung von μ, wie sie durch die neuern Untersuchungen über den osmotischen Druck des Rohrzuckers nötig geworden ist, die Resultate meiner früheren Arbeit in keiner Weise geändert werden.

Es wird vielleicht auffallen, dass ich diese Umrechnung nicht gleich nach der Renner'schen Publikation (1912) veröffentlicht habe. Es schien mir damals, dass jeder, der sich näher dafür interessierte, mit Hilfe der Renner'schen Zusammenstellung und meiner publizierten Versuchsprotokolle ohne allzu grosse Mühe sich von der Richtigkeit meiner Ergebnisse überzeugen konnte.

Nun hat neuerdings Fitting (1915, 1917), wobei er sich zum Teil auf Renner (1912) beruft, über die Methode der Permeabilitätskoeffizienten ein so wegwerfendes Urteil gefällt, dass es mir nicht mehr unnötig schien, die korrigierten μ-Werte wenigstens für die zusammenfassenden Tabellen zu publizieren und anzugeben, wie sie berechnet wurden. In seiner ersten Arbeit bringt Fitting 1915 keine Beweise vor, um seine ablehnende Haltung zu begründen. Es dürfte deshalb schon aus diesem Grunde eines gewissen Interesses nicht entbehren, hier die sämtlichen Stellen seiner Arbeit, wo von der Methode der Permeabilitätskoeffizienten die Rede ist, wörtlich zu zitieren. Fitting schreibt (1915, S. 1): „Mancherlei Beobachtungen der letzten Jahre, zum Beispiel über den Einfluss des Lichtes auf die Permeabilität des Protoplasten (Lepeschkin, 1909 a, b und Tröndle, 1910) scheinen ja jetzt ziemlich allgemein als wertvolle Stützen für Pfeffer's sehr ansprechende Vermutung zu gelten, der lebende Organismus dürfte bei seinen wechselnden Bedürfnissen vielfach mit Modifikationen der diosmotischen Eigenschaften seiner Plasmahäute arbeiten. Wenn auch in den letzten Jahren Mitteilungen über solche Permeabilitätsänderungen sich bedeutend gegen früher gemehrt haben, ja fast Mode geworden sind, so ist doch die Zahl der wirklich einwandfreien Beobachtungen noch immer ganz verschwindend klein: die meisten Untersuchungen nämlich, von denen einige zunächst in sehr exakter und bestechender Weise Permeabilitätsänderungen zu beweisen scheinen, vermögen teils wegen methodischer Fehler,

teils wegen der Vieldeutigkeit der Ergebnisse einer eingehenden Kritik nicht standzuhalten. Das gilt ebensosehr von den oben erwähnten Arbeiten Lepeschkin's und Tröndle's über Permeabilitätsänderungen durch Belichtung (vergleiche schon Renner, 1912), wie von den Untersuchungen.....“ Seite 3: „Die Bestimmung der „Permeabilitätskoeffizienten“ in der Weise, wie es Lepeschkin und Tröndle getan haben, hat sich als ganz unbrauchbar, ja geradezu als irreführend erwiesen, wie ich in einer spätern Arbeit zeigen werde“. Seite 53: „Solange wir nun über die Permeabilitätsverhältnisse der Zellmembranen so unvollständig wie gegenwärtig unterrichtet sind, ist jede Versuchsanordnung zum Nachweise namentlich von geringeren Permeabilitätsänderungen im Plasma nicht eindeutig, bei der auch mit der Möglichkeit von Durchlässigkeitänderungen in den Zellmembranen gerechnet werden muss. Diese Fehlerquelle fällt nun bei der plasmolytischen Methode fort, wenn man sie richtig anwendet, das heisst wenn man nicht die sogenannten „Permeabilitätskoeffizienten“ bestimmt oder die Geschwindigkeit untersucht, mit der die Plasmolyse eintritt, sondern wenn man feststellt, wie schnell die Deplasmolyse erfolgt.“ Seite 56: „Sehr beachtenswert ist die Beobachtung, die übrigens ebenfalls noch durch weitere Versuche zu verfolgen bleibt, dass im Gegensatz zu Tröndle's und Lepeschkin's Angaben das Licht einen Einfluss auf die Permeabilität nicht gezeigt hat. Bei dieser Gelegenheit will ich nicht versäumen, darauf hinzuweisen, dass ich nach eingehender Beschäftigung mit der plasmolytischen Methode und mit den damit zusammenhängenden Fragen diesen Untersuchungen äusserst skeptisch gegenüberstehe, namentlich deshalb, weil die Methode der Bestimmung von „Permeabilitätskoeffizienten“ so, wie sie dort angewendet ist, irreführend ist, da sie ja bekannte Tatsachen der physikalischen Chemie nicht hinreichend berücksichtigt. Ich werde darauf bei einer andern Gelegenheit zurückkommen.“ Seite 57, Anmerkung 1: „Von grossem Interesse und mit meinen Beobachtungen mit Salzen vergleichbar wäre die Angabe von Ruhland (1912 b, Seite 232) für die Blätter der Zuckerrübe: „Recht bemerkenswert ist die bei allen Plasmolysen gemachte Erfahrung, dass bereits nach einstündiger Versuchszeit eine Verringerung der anfänglichen Permeabilität für Monosaccharide eintritt“, wenn sie nicht aus den „Permeabilitäts-Koeffizienten“ erschlossen wäre. Diese Koeffizienten führen aber, wie ich an anderer Stelle zeigen werde, irre und lassen Schlüsse auf die Permeabilitätsverhältnisse nicht ohne weiteres zu.“

Zur überwiegenden Zahl dieser Sätze dürfte ein Kommentar überflüssig sein. Bloss zur Bemerkung, dass Fitting im Gegensatz

zu Lepeschkin's und meinen Angaben einen Einfluss des Lichtes auf die Permeabilität nicht feststellen konnte, möchte ich mir erlauben, in aller Bescheidenheit daran zu erinnern, dass die Epidermiszellen von *Rhoeo (Tradescantia) discolor,* die Fitting benützt hat, nicht die Palisadenzellen von *Buxus sempervirens rotundifolia* und von *Tilia cordata* sind, mit denen ich gearbeitet habe. Derselbe Autor belehrt uns an anderer Stelle und in anderem Zusammenhang (1913, S. 250): „Überhaupt kann ja gar nicht genug davor gewarnt werden, reizphysiologische Ergebnisse, die durch quantitative Messungen bei einer Pflanze gewonnen sind, nun sofort auf die ganze Pflanzenwelt auszudehnen." Dieser Ansicht, die sinngemäss auch hier Anwendung finden dürfte, kann ich nur auf das allerlebhafteste beipflichten.

Den 1915 versprochenen Beweis absoluter Unbrauchbarkeit der Permeabilitätskoeffizienten liefert Fitting auch in seiner neuen Arbeit 1917 nicht. Allerdings ist insofern ein Fortschritt eingetreten, als an Stelle blosser Behauptungen nun eine Anzahl theoretischer Bedenken angeführt werden. Da wird zum Beispiel darauf hingewiesen, dass die van't Hoff'sche Theorie genau nur für äusserst verdünnte Lösungen gilt; dass beim Rohrzucker der Druck stärker steigt, als nach van't Hoff zu fordern wäre; dass die isotonischen Koeffizienten, die auf verschiedene Weise aus der Leitfähigkeit, aus dem Gefrierpunkt oder aus dem Dampfdruck berechnet sind, nicht völlig miteinander übereinstimmen. Der Hauptsache nach hat bereits Renner (1912) auf diese Dinge aufmerksam gemacht. Was soll man nun aber sagen, dass ich dieselben Ergebnisse finde, wenn ich bei meinen Berechnungen, wie oben, ausgehe von den maximalen im plasmolytischen Experiment, also unabhängig von jeder Theorie der Lösungen, gefundenen isotonischen Koeffizienten? In meinen Versuchen handelte es sich um den Vergleich der gefundenen i'-Werte mit einem bestimmten fixen Wert. Nach der neuen Berechnung gruppieren sich die Abweichungen in prinzipiell gleicher Weise um diesen festen Wert, das heisst auch nach der neuen Berechnung zeigt sich die Art der Belichtung für die Gruppierung in genau derselben Weise massgebend wie nach der frühern Berechnung. Das aber war gerade der Kernpunkt der frühern Untersuchungen.

Andere Bedenken Fitting's sind physiologischer Art. Er meint, es sei „eine unbewiesene Annahme", dass der Rohrzucker während der Versuchszeit nicht eindringe. Meine Versuche (1910, S. 176—179) über die direkte Beobachtung der Plasmolyse unter Mikroskop zeigen aber, dass in der später angewendeten Zeitdauer der Plasmolyse in Rohrzucker noch lange kein Rückgang der Plasmolyse zu sehen war.

Der Gegensatz zwischen NaCl und Saccharose ist dort sehr auffällig. Fitting stellt auf S. 584 seiner Arbeit (1917) die Möglichkeiten zusammen, die, abgesehen von einer Änderung der Permeabilität, eine Änderung von i zur Folge haben können. Eine ungleiche Exosmose in den beiden Lösungen (Salz und Zucker) würde i beeinflussen. Bei seinen eigenen Versuchen käme nach ihm vorzugsweise eine stärkere Exosmose in Zucker in Betracht, da er die Schnitte bedeutend länger darin als in den Salzlösungen liess. In meinen früheren Versuchen war der Aufenthalt in Salz- wie Zuckerlösungen gleich lang. Weiter käme in Betracht eine verschieden starke Bildung osmotisch wirksamer Substanz. Fitting meint aber, dass dazu ein Aufenthalt von 15—30 Minuten in den plasmolysierenden Lösungen nicht genügen dürfte. In meinen Versuchen blieben die Schnitte 25 Minuten in den Lösungen (1910, S. 185).

Alle diese Bedenken können die Richtigkeit meiner Versuche nicht erschüttern. Nun wendet sich Fitting aber nicht nur gegen die Berechnungsart, sondern er bezweifelt direkt die Richtigkeit meiner Beobachtungen, wenn er (1917, S. 568) sagt „..... selbst angenommen, die Messungen Lepeschkin's und Tröndle's seien einwandfrei, ...". Dazu kann ich nur bemerken, dass ich so genau wie möglich beobachtete und, wie man ja aus meiner Arbeit sehen kann, mit grosser Sorgfalt vorgegangen bin. Überdies hat ein so sorgfältiger Experimentator wie Ruhland mitgeteilt (1911, S. 228, Fussnote 1) „....., ich kann jedoch die Angaben Tröndle's betr. das Eindringen von NaCl in *Buxus*-Blattzellen durchaus bestätigen, ebenso den erheblichen Einfluss der Beleuchtung auf die Permeabilität dieses Objektes für NaCl." Für diese Beobachtungen hat er die Methode der Permeabilitätskoeffizienten verwendet.

Wenn Fitting bei *Tradescantia* mit den Permeabilitätskoeffizienten zu keinem entscheidenden Resultat kommt, so ist das bei der ausserordentlich geringen Permeabilität seines Objektes nicht weiter auffällig. Übrigens habe ich an anderer Stelle gezeigt (1918), dass man mit der angeschuldigten Methode sehr wohl brauchbare Resultate erhält, wenn eine einigermassen grössere Permeabilität vorhanden ist. Die Grösse der Permeabilität ist es, die der praktischen Verwendbarkeit der Methode der Permeabilitätskoeffizienten Grenzen setzt.

2. Neue Versuche.

Trotzdem die Resultate der frühern Arbeit völlig gesichert scheinen, war es doch wünschenswert, eine Anzahl Versuche nach

einer andern Methode auszuführen. Die Schnitte wurden in eine Anzahl Lösungen von NaCl mit gleicher Konzentrationsdifferenz gelegt und in bestimmten Zeitabschnitten die plasmolytische Grenzkonzentration bestimmt. Die Konzentrationsdifferenz zweier aufeinanderfolgender Grenzkonzentrationen ist in der betreffenden Zeitdifferenz in den Protoplasten aufgenommen worden. Das ist im Prinzip die von Fitting selbst angewendete und als einzig einwandfreie gepriesene Methode. Die historische Gerechtigkeit erfordert es, darauf hinzuweisen, dass die Methode Fitting's, worüber er selbst nichts sagt, bereits durch H. de Vries (1885, S. 544 ff.) in klarer Weise entwickelt worden ist. In allen folgenden Versuchen handelt es sich um die Permeabilität für NaCl.

A. Änderung der Permeabilität nach Verdunkelung.

Objekt: *Acer platanoides*, Blatt, Palisadenzellen. Erste Längshälfte des Blattes sofort untersucht, die zweite 6 Stunden später, und zwar:

a) die zweite Hälfte während dieser Zeit mit Staniol verdunkelt und
b) als Kontrolle, die zweite Hälfte während dieser Zeit frei belichtet.

Ergebnis:

	Erste Hälfte sofort untersucht						Zweite Hälfte nach 6stündiger weiterer Beleuchtung					
Wetter:	nach 2	5	10	20	40	Min.	2	5	10	20	40	Min.
Sonne	0,500	0,575	0,725	0,975	1,025	Mol.	0,525	0,575	0,675	0,875	0,975	Mol.
„	0,475	0,525	0,575	0,725	0,775	„	0,475	0,525	0,575	0,675	0,775	„
„	0,525	0,575	0,725	0,825	0,875	„	0,525	0,625	0,725	0,825	0,875	„
„	0,525	0,575	0,625	0,675	0,825	„	0,475	0,525	0,625	0,775	0,850	„
„	0,500	0,550	0,675	0,825	0,825	„	0,525	0,575	0,675	0,725	0,875	„
„	0,525	0,575	0,625	0,825	0,925	„	0,525	0,575	0,625	0,775	0,925	„
Mittel	0,508	0,562	0,658	0,808	0,875	Mol.	0,508	0,566	0,650	0,775	0,879	„

	Erste Hälfte sofort untersucht						Zweite Hälfte nach 6stündiger Verdunkelung					
Wetter:	nach 2	5	10	20	40	Min.	2	5	10	20	40	Min.
Sonne	0,575	0,625	0,675	0,800	0,925	Mol.	0,500	0,525	0,525	0,575	0,600	Mol.
etwas bedeckt	0,525	0,575	0,700	0,725	0,775	„	0,475	0,475	0,475	0,500	0,550	„
zum Teil Sonne	0,525	0,575	0,675	0,825	0,925	„	0,525	0,525	0,525	0,525	0,575	„
Sonne	0,525	0,575	0,625	0,725	0,850	„	0,475	0,525	0,525	0,525	0,625	„
„	0,525	0,575	0,675	0,775	0,925	„	0,525	0,525	0,525	0,575	0,625	„
„	0,475	0,525	0,625	0,725	0,775	„	0,525	0,525	0,525	0,525	0,625	„
Mittel	0,525	0,575	0,662	0,762	0,862	Mol.	0,504	0,516	0,516	0,537	0,600	Mol.

Daraus berechnet sich, dass folgende Salzmengen aufgenommen wurden:

Es wurde aufgenommen:

zwischen	hell	dunkel (6 Stunden später)
2— 5 Min.	0,050 Mol.	0,012 Mol.
2—10 „	0,137 „	0,012 „
2—20 „	0,237 „	0,033 „
2—40 „	0,337 „	0,096 „

zwischen	hell	hell (6 Stunden später)
2— 5 Min.	0,054 Mol.	0,058 Mol.
2—10 „	0,150 „	0,142 „
2—20 „	0,300 „	0,267 „
2—40 „	0,367 „	0,371 „

Die Aufnahme des Satzes war somit nach 6 Stunden in der zweiten Blatthälfte, wenn sie frei dem Tageslicht ausgesetzt blieb, kaum geringer als in der ersten Hälfte, hingegen sehr stark vermindert, wenn die zweite Hälfte 6 Stunden verdunkelt war.

Bei kürzerer Belichtung ist die Reaktion entsprechend dem, was schon die früheren Versuche gezeigt haben, geringer.

	Erste Hälfte sofort untersucht				Zweite Hälfte nach 2½stündiger Verdunkelung			
Wetter:	nach 5	10	20	40 Min.	nach 5	10	20	40 Min.
Sonne	0,75	0,90	0,90	1,10 Mol.	0,60	0,65	0,75	0,85 Mol.
trübe	0,65	0,75	0,75	0,95 „	0,65	0,65	0,75	0,85 „
„	0,55	0,55	0,65	0,75 „	0,45	0,55	0,55	0,65 „
„	0,55	0,55	0,65	0,70 „	0,55	0,60	0,65	0,65 „
Mittel	0,625	0,687	0,737	0,875 Mol.	0,562	0,612	0,675	0,75 Mol.

Es wurden aufgenommen:

zwischen	hell	2½ Stunden verdunkelt
5—10 Min.	0,062 Mol.	0,050 Mol.
5—20 „	0,112 „	0,113 „
5—40 „	0,250 „	0,188 „

B. Abhängigkeit der Permeabilität von der Lichtintensität bei gleich langer Belichtungszeit.

α. Acer platanoides, Blatt, Palisaden. Aug. bis Anf. Sept. 1916. Aufstellung der Blätter in einem Dunkelkasten in verschiedener Entfernung einer Osramlampe von 50 Kerzen.

Am Abend vorher, gegen 5 h, Verdunkelung der Blätter am Baum mit Staniol, um sie möglichst tief zu stimmen (vergl. 1910, S. 210 ff.).

Beginn der Versuche am folgenden Vormittag zwischen $8^1/_2$—10 h.

Dauer der Belichtung: 6 Stunden.

a)

Entfernung von der Lampe: 5 cm. Intensität zirka 20 000 Meterkerzen.

vor der Belichtung					nach der Belichtung				
2	5	10	20	40 Min.	2	5	10	20	40 Min.
0,475	0,475	0,525	0,525	0,575	0,475	0,475	0,475	0,475	0,525
0,475	0,475	0,525	0,525	0,575	0,475	0,475	0,475	0,475	0,525
0,475	0,475	0,475	0,525	0,575	0,475	0,475	0,525	0,575	0,575
0,525	0,525	0,625	0,625	0,625	0,525	0,525	0,525	0,625	0,675
Mittel 0,487	0,487	0,537	0,550	0,587	0,487	0,487	0,500	0,537	0,575

b)

Entfernung von der Lampe: 10 cm. Intensität ca. 5000 Meterkerzen.

vor der Belichtung					nach der Belichtung				
2	5	10	20	40 Min.	2	5	10	20	40 Min.
0,525	0,525	0,525	0,600	0,625	0,525	0,575	0,625	0,625	0,725
0,475	0,475	0,525	0,575	0,575	0,475	0,575	0,625	0,675	0,675
0,525	0,525	0,525	0,575	0,625	0,525	0,575	0,625	0,775	0,875
0,475	0,475	0,475	0,525	0,525	0,475	0,475	0,575	0,575	0,625
Mittel 0,500	0,500	0,512	0,568	0,587	0,500	0,550	0,612	0,662	0,725

c)

Entfernung von der Lampe: 20 cm. Intensität zirka 1250 Meterkerzen.

vor der Belichtung					nach der Belichtung				
2	5	10	20	40 Min.	2	5	10	20	40 Min.
0,525	0,525	0,525	0,525	0,525	0,475	0,525	0,675	0,725	0,825
0,525	0,525	0,525	0,575	0,575	0,475	0,525	0,625	0,625	0,675
0,475	0,475	0,475	0,475	0,525	0,475	0,525	0,625	0,675	0,775
0,475	0,475	0,475	0,525	0,575	0,425	0,525	0,575	0,575	0,625
0,475	0,475	0,475	0,525	0,575	0,475	0,475	0,525	0,575	0,675
Mittel 0,495	0,495	0,495	0,525	0,555	0,465	0,515	0,605	0,635	0,715

d)

Entfernung von der Lampe: 40 cm. Intensität zirka 312 Meterkerzen.

vor der Belichtung					nach der Belichtung				
2	5	10	20	40 Min.	2	5	10	20	40 Min.
0,475	0,475	0,475	0,475	0,575	0,475	0,475	0,475	0,525	0,575
0,475	0,525	0,525	0,525	0,575	0,475	0,475	0,475	0,525	0,525
0,525	0,525	0,575	0,575	0,625	0,475	0,525	0,575	0,575	0,625
0,475	0,475	0,475	0,525	0,525	0,525	0,525	0,525	0,525	0,575
Mittel 0,487	0,500	0,512	0,525	0,575	0,487	0,500	0,512	0,537	0,575

Der Vergleich der in gleichen Zeiten aufgenommenen Salzmengen ergibt:

Zwischen 20—40 Minuten eingedrungene Menge

Entfernung v. d. Lampe	vor d. Belichtung	nach d. Belichtung	Änderung in %
cm	Mol.	Mol.	%
5	0,100	0,088	— 12
10	0,087	0,225	+ 158,5
20	0,060	0,250	+ 316,5
40	0,088	0,088	0

Zwischen 2—20 Minuten eingedrungene Menge

cm	Mol.	Mol.	%
5	0,063	0,050	— 20,5
10	0,068	0,162	+ 138
20	0,030	0,170	+ 566,5
40	0,038	0,050	+ 31,5

Zwischen 2—10 Minuten eingedrungene Menge

cm	Mol.	Mol.	%
5	0,050	0,013	— 74
10	0,012	0,112	+ 833
20	0,000	0,140	mehr als 833
40	0,025	0,025	0

Zwischen 2—5 Minuten eingedrungene Menge

cm	Mol.	Mol.
5	0,000	0
10	0,000	0,05
20	0,000	0,05
40	0,013	0,113

Wie in den frühern Versuchen (1910, S. 187 ff.) erhalten wir eine Optimumkurve. Zum gleichen Ergebnis führten die folgenden Versuchsreihen:

β. Salix babylonica, Blatt, Palisaden 19.—27. Sept. 1917. Blätter ohne vorherige Verdunkelung am Baum, im Dunkelkasten in verschiedener Entfernung von Osramlampe, 60 Kerzen.

Belichtungsdauer 6 Stunden.

Entfernung von der Lampe	vor der Belichtung		nach der Belichtung	
	5 Min.	40 Min.	5 Min.	40 Min.
5 cm	0,537	0,612	0,562	0,612
	0,537	0,612	0,550	0,637
	0,562	0,662	0,612	0,662
	0,537	0,662	0,637	0,687
Mittel	0,543	0,637	0,590	0,649
8 cm	0,537	0,562	0,587	0,712
	0,550	0,637	0,550	0,700
	0,562	0,637	0,575	0,712
	0,550	0,637	0,562	0,637
Mittel	0,549	0,618	0,568	0,690
10 cm	0,537	0,625	0,512	0,612
	0,512	0,637	0,512	0,687
	0,587	0,662	0,587	0,687
	0,537	0,662	0,537	0,712
Mittel	0,543	0,646	0,537	0,674
15 cm	0,512	0,562	0,537	0,600
	0,562	0,637	0,587	0,612
	0,537	0,687	0,537	0,612
	0,562	0,612	0,512	0,587
Mittel	0,543	0,624	0,543	0,602
20 cm	0,537	0,637	0,537	0,637
	0,562	0,612	0,562	0,600
	0,512	0,612	0,537	0,562
	0,562	0,612	0,562	0,587
Mittel	0,543	0,618	0,549	0,596
40 cm	0,562	0,625	0,512	0,587
	0,537	0,612	0,550	0,575
	0,587	0,687	0,562	0,612
	0,562	0,687	0,562	0,687
Mittel	0,562	0,652	0,546	0,615

In den verschiedenen Intensitäten sind somit aufgenommen worden:

Entfernung v. d. Lampe	vor d. Belichtung	nach d. Belichtung	Änderung in %
5 cm	0,094	0,059	— 37,2 %
8 „	0,069	0,122	+ 76,8 %
10 „	0,103	0,137	+ 33,0 %
15 „	0,081	0,059	— 27,1 %
20 „	0,075	0,047	— 37,3 %
40 „	0,090	0,069	— 23,3 %

γ. Buxus sempervirens, Blatt, Palisaden, 16. Okt. bis 27. Nov. 1917. Keine vorherige Verdunkelung der Blätter.

Im Dunkelkasten in verschiedenen Entfernungen von Osramlampe, 60 Kerzen.

Belichtungsdauer $5^3/_4$ Stunden.

Entfernung von der Lampe	Temp.	vor der Belichtung			Temp.	nach der Belichtung		
	° C	5	20	40	° C	5	20	40
10 cm	13	0,775	0,812	0,837	14,5	0,787	0,787	0,787
	14,5	0,787	0,837	0,912	16	0,825	0,887	0,912
	14	0,800	0,812	0,875	16	0,837	0,862	0,887
	14	0,812	0,850	0,912	15,5	0,787	0,812	0,812
	14,5	0,837	0,975	0,987	14,5	0,837	0,887	0,962
	12,5	0,812	0,875	0,950	14,5	0,812	0,875	0,937
	16	0,787	0,787	0,862	15,5	0,787	0,787	0,787
	13	0,850	0,887	0,912	14	0,850	0,862	0,887
	14	0,837	0,875	0,912	14,5	0,812	0,837	0,862
	13,5	0,862	0,937	0,987	13,5	0,887	0,887	0,937
Mittel		0,815	0,864	0,914		0,822	0,848	0,877
20 cm	14	0,787	0,800	0,862	15,5	0,737	0,787	0,875
	15	0,737	0,762	0,787	15,5	0,762	0,762	0,812
	15	0,812	0,812	0,887	16	0,812	0,900	0,950
	15	0,762	0,787	—	16	0,787	0,837	0,887
	15	0,787	0,787	0,837	15,5	0,737	0,837	0,887
	13	0,787	0,850	0,887	14	0,787	0,875	0,975
	15,5	0,762	0,762	0,775	16	0,787	0,800	0,800
	14	0,837	0,887	0,937	14	0,812	0,862	0,912
	13	0,887	0,912	0,912	14	0,862	0,887	0,937
	13	0,887	0,912	0,937	13	0,862	0,912	0,937
Mittel		0,804	0,827	0,869		0,794	0,845	0,897

Entfernung von der Lampe	Temp.	vor der Belichtung			Temp.	nach der Belichtung		
	°C	5	20	40	°C	5	20	40
40 cm	14,5	0,812	0,812	0,837	15,5	0,737	0,762	0,837
	15	0,775	0,837	0,850	—	0,737	0,787	0,862
	14,5	0,762	0,812	0,812	16	0,737	0,787	0,812
	14,5	0,825	0,850	0,875	15,5	0,787	0,812	0,887
	13,5	0,787	0,837	0,912	15	0,762	0,775	0,825
	14	0,812	0,837	0,875	15,5	0,787	0,812	0,862
	15,5	0,787	0,812	0,887	16	0,800	0,812	0,837
	14	0,837	0,912	0,937	14	0,862	0,900	0,912
	13	0,862	0,862	0,912	14	0,812	0,862	0,887
	14,5	0,862	0,887	0,912	14,5	0,862	0,912	0,950
Mittel		0,812	0,845	0,880		0,788	0,822	0,867
60 cm	14	0,737	0,762	0,762	15	0,737	0,762	0,762
	14,5	0,762	0,787	0,862	15,5	0,762	0,787	0,837
	15	0,762	0,812	0,887	16	0,775	0,812	0,862
	15	0,837	0,887	0,937	—	0,862	0,937	0,975
	14	0,837	0,850	0,912	15	0,812	0,837	0,862
	15	0,762	0,775	0,812	16	0,787	0,787	0,825
	15,5	0,787	0,837	0,862	15,5	0,787	0,825	0,862
	13	0,825	0,862	0,887	14,5	0,812	0,812	0,812
	12,5	0,912	0,912	0,950	13,5	0,887	0,887	0,887
	13,5	0,887	0,937	0,937	14,5	0,887	0,912	0,912
Mittel		0,810	0,842	0,880		0,810	0,835	0,859

Es wurden somit aufgenommen:

Entfernung von der Lampe	zwischen 5—20 Minuten			zwischen 5—40 Minuten		
	vor der Belichtung	nach der Belichtung	Änderung in %	vor der Belichtung	nach der Belichtung	Änderung in %
10 cm	0,049 Mol.	0,026 Mol.	— 47	0,099 Mol.	0,055 Mol.	— 44,5
20 „	0,023 „	0,051 „	+ 121,7	0,065 „	0,103 „	+ 58,5
40 „	0,033 „	0,034 „	+ 3	0,068 „	0,079 „	+ 16
60 „	0,032 „	0,025 „	— 22	0,070 „	0,049 „	— 30

Dasselbe Objekt, *Buxus sempervirens*, ergibt also die Optimumkurve bei gleich langer Belichtungszeit in verschiedenen Intensitäten sowohl nach der Methode der Permeabiltätskoeffizienten (1910, S. 187 ff.), wie nach der einzig richtigen, von Fitting angewendeten Methode.

C. Stimmungsänderung.

Es wurden zwei Versuchsreihen miteinander verglichen. In der einen wurden die Blätter direkt vom Baum in 10 cm Entfernung von der Lampe aufgestellt, in der zweiten, nachdem sie seit dem vorhergehenden Abend verdunkelt waren. Die zweite Reihe ist bereits Seite 00, b), mitgeteilt worden. Für die erste Reihe ergab sich:

Acer platanoides: Blatt, Palisadenzellen.

vor der Belichtung					nach der Belichtung				
2	5	10	20	40 Min.	2	5	10	20	40 Min.
0,475	0,575	0,625	0,675	0,675	0,475	0,525	0,525	0,625	0,625
0,475	0,525	0,675	0,675	0,675	0,475	0,475	0,525	0,575	0,675
0,525	0,525	0,575	0,625	0,625	0,575	0,575	0,675	0,775	0,825
Mittel 0,491	0,541	0,625	0,658	0,658	0,508	0,525	0,575	0,658	0,708

Vergleichen wir die in gleichen Zeiten aufgenommenen Mengen mit dem Versuch Seite 199 b), so ergibt sich:

	Vorher verdunkelt			Vorher nicht verdunkelt		
	Eingedrungene Menge		Änderung in %	Eingedrungene Menge		Änderung in %
Zwischen	vor der Belichtung	nach der Belichtung		vor der Belichtung	nach der Belichtung	
2— 5 Min.	0,000	0,050	mehr als 416	0,050	0,017	— 66
2—10 „	0,012	0,112	+ 833	0,134	0,067	— 50
2—10 „	0,068	0,162	+ 138	0,167	0,150	— 10
2—40 „	0,087	0,225	+ 158	0,167	0,200	+ 20

In einer Intensität, in der vorher verdunkelte, tief gestimmte Blätter positiv, das heisst mit Zunahme der Aufnahmegeschwindigkeit reagierten, trat in vorher nicht verdunkelten, hochgestimmten Blättern negative Reaktion, das heisst Verminderung der Aufnahmegeschwindigkeit ein. Das entspricht völlig den Angaben über die Stimmungsänderung, die in der früheren Arbeit mitgeteilt sind.

d) Änderung der Permeabilität unter den natürlichen Bedingungen.

α. Acer platanoides, Blatt, Palisadenzellen. 1916.

Datum	Wetter	Aufgen. Menge Na Cl in Mol. zwischen 5—40 Minuten
26. Mai 2h 10 nachm.	Sonne, etwas Wolken	0,35
27. „ 8 5 vorm.	trübe	0,30

Datum	Wetter	Aufgen. Menge Na Cl in Mol. zwischen 5—40 Minuten
28. Mai	Regen	—
29. „ 8 10 vorm.	trübe, Regen	0,20
29. „ 2 10 nachm.	„ „	0,15
30. „	trübe	—
31. „	„	—
1. Juni	„	—
2. „ 3 nachm.	Sonne	0,30
3. „ 8 vorm.	etwas Sonne	0,30
4. „ 9 45 vorm.	etwas bewölkt, z. T. etwas Sonne	0,25
5. „ 8 30 vorm.	trübe, ab u. zu etwas Sonne	0,20
5. „ 4 30 nachm.	„ „ „ „ „ „	0,05
6. „ 9 45 vorm.	„ „ „ „ „ „	0,20

Jede Angabe bezieht sich auf je 1 Blatt. Man sieht deutlich, dass eine anfänglich hohe Permeabilität bei anhaltendem trüben Wetter mehr und mehr abnimmt.

β. *Salix babylonica,* Blatt, Palisadenzellen. 1917.

Datum	Wetter	Temp. °C	Aufgen. Menge Na Cl in Mol. zwischen 5—40 Minuten
6. Juli nachm.	teils Sonne, teils bewölkt	22	0,174
7. „ vorm.	Sonne	24	0,087
8. „	Regen	—	—
9. „ vorm.	„	21	0,043
10. „	„	—	—
11. „ nachm.	teils Sonne, teils bewölkt	20,5	0,141
12. „ vorm.	Sonne	22	0,183
13. „ vorm. u. nachm.	„	22—23	0,159
14. „ vorm.	„	24	0,149
15. „	„	—	—
16. „ nachm.	teils Gewitter, teils Sonne	23,5	0,083
17. „ nachm.	Gewitter, ab u. zu etw. Sonne	23	0,091
18. „ nachm.	teils Sonne, teils leicht bew.	24	0,158
19. „ vorm.	Sonne	25	0,183
20. „ vorm.	„	24	0,175
21. „ vorm.	leicht bewölkt	24	0,129
22. „	Sonne	—	—
23. „ nachm.	„	23	0,158
24. „ vorm. u. nachm.	„	24—25	0,158
25. „ nachm.	„	25	0,158
26. „ vorm.	trübe, Gewitter	23	0,070
27. „ vorm. u. nachm.	Sonne	25	0,151
28. „ nachm.	„	26	0,118
29. „	„	—	—
30. „ vorm. u. nachm.	bewölkt, nachts Gewitter	23—25	0,089
31. „	bewölkt, gewitterhaft	—	0,081

Auch hier folgt die Salzaufnahme den Schwankungen der Beleuchtung. Die angegebenen Werte sind Mittel aus 2—4, in der Regel aus 3 Messungen.

Dies bestätigt vollständig die in der früheren Arbeit (1910, S. 205 ff.) angegebenen Resultate.

Zum Schluss dieses Abschnittes können wir konstatieren, dass die neuen Versuche, worin die in einer bestimmten Zeit aufgenommene Salzmenge ermittelt wurde, die frühern Versuche, in denen die Permeabilität durch den Permeabilitätskoeffizienten μ ausgedrückt wurde, völlig bestätigen. Ich glaube deshalb nicht zu viel zu behaupten, wenn ich der Meinung bin, dass meine früheren Untersuchungen über den Einfluss des Lichtes auf die Permeabilität der Plasmahaut in jeder Hinsicht völlig gesichert sind.

3. Die Beziehungen des Permeabilitätskoeffizienten μ zur aufgenommenen Salzmenge.

An anderer Stelle (1918) habe ich mitgeteilt, dass die Geschwindigkeit der Salzaufnahme anfänglich konstant ist, unabhängig vom Konzentrationsgefälle. Man erhält infolgedessen, wenn man die in verschiedenen Zeitabständen gefundenen plasmolytischen Grenzkonzentrationen als Ordinaten aufträgt und ihre Endpunkte verbindet, anfänglich eine gerade Linie.

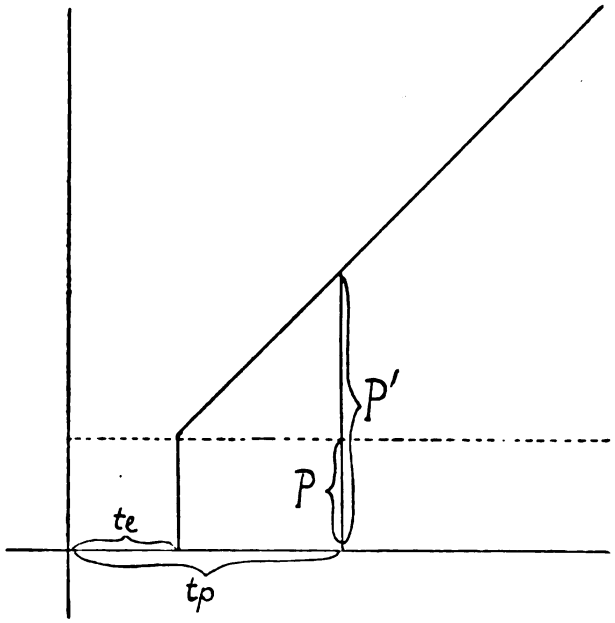


Fig. 2.

Das gilt, wie die folgende Zusammenstellung zeigt, auch für die Aufnahme des NaCl durch die Palisadenzellen von *Buxus*.

Plasmolytische Grenzkonzentration	Dauer des Aufenthaltes in den Lösungen: 5	20	40 Min.
0,737	8[1])		
0,75	0		
0,762	9	6	2
0,775	3	2	1
0,787	18	11	3
0,8	2	2	1
0,812	12	13	6
0,825	3	1	2
0,837	8	9	6
0,85	2	4	1
0,862	8	6	10
0,875	0	4	4
0,887	6	9	12
0,9	0	2	0
0,912	1	7	13
0,925		0	0
0,937		3	9
0,95		0	4
0,962		0	1
0,975		1	2
0,987			2
Mittel	0,8075	0,8412	0,8811 Mol.
Mittlerer Fehler . .	± 0,0047	± 0,0054	± 0,0058
Streuung (σ) . . .	± 0,0420	± 0,0488	± 0,0518
In der Minute aufgenommene Menge	0,00224	0,00200 Mol.	

Wie bereits anderweitig (1918) mitgeteilt wurde, kann man die Permeabilität, d. h. die Aufnahmegeschwindigkeit durch die in der Minute aufgenommene Menge ausdrücken (m). Wie verhält sich dieses Mass nun zum Permeabilitätskoeffizienten μ?

Um uns das klar zu machen, gehen wir aus von dem Schema in Fig. 2, das dem Ergebnis der Versuche über den zeitlichen Verlauf der Aufnahme der Salze entspricht.

Auf der Abszisse ist aufgetragen die Dauer der Plasmolyse, tp, ebenso die Zeit vom Beginn des Einlegens der Zelle in die Lösungen bis zum Beginn der Aufnahme des Salzes in das Protoplasma, t_c. Als

[1]) = Zahl der Varianten.

Ordinaten sind die plasmolytischen Grenzkonzentrationen des Salzes eingetragen, P', dazu ist angegeben die Konzentration des Salzes, die dem osmotischen Druck der Zelle äquivalent ist, P. Für die folgenden Ableitungen dürfen wir diese Konzentrationen als ihren osmotischen Drucken proportional ansehen. P' bezeichnet dann für uns den osmotischen Druck der plasmolytischen Grenzkonzentration, P den osmotischen Druck der Zelle. Die Kurve der Aufnahme verläuft anfänglich geradlinig, das heisst die Aufnahmegeschwindigkeit ist anfänglich konstant. Es ergibt sich für diesen Fall (s. Fig. 2):

$$\frac{P' - P}{tp - te} = \text{konstant} = m, \tag{1}$$

worin m die in der Minute aufgenommene Menge ist. Daraus folgt:

$$P' - P = m\,(tp - te). \tag{2}$$

In der frühern Arbeit (1910, Seite 181—82) wurde μ definiert als der relative Druckverlust der plasmolysierenden Salzlösung:

$$\mu = \frac{P' - P}{P'}, \tag{3}$$

worin P' der theoretische, osmotische Druck der Salzlösung ist, den sie ausüben würde, wenn das Plasma impermeabel wäre, und P gleich ist dem osmotischen Druck der Zelle. Aus (3) folgt

$$P' - P = \mu P'. \tag{4}$$

Setzen wir diesen Wert für $P' - P$ in (2) ein, so erhalten wir:

$$\mu P' = m\,(tp - te)$$

und daraus

$$\mu = m\,\frac{(tp - te)}{P'}. \tag{5}$$

Diese Formel gibt uns den Zusammenhang zwischen dem Permeabilitäts-Koeffizienten μ, der Aufnahmegeschwindigkeit (m), der plasmolytischen Grenzkonzentration (P') und der Eindringungszeit. Es geht μ proportional der Aufnahmegeschwindigkeit und der Eindringungszeit, und umgekehrt proportional der plasmolytischen Grenzkonzentration.

Wir können nun μ auf zwei Wegen bestimmen, entweder mit der eben abgeleiteten Formel (5) oder mit der Formel $\mu = 1 - \frac{i'}{i}$, die in der früheren Arbeit abgeleitet und verwendet wurde (1910, S. 182—83).

Damit haben wir die Möglichkeit einer gewissen Prüfung der oben abgeleiteten Formel.

Im folgenden ist die Berechnung für Versuche geschehen, welche die Aufnahme von KCl durch die embryonalen Zellen der Wurzelspitze von *Lupinus albus* behandeln (1918, S. 122). Dabei wurde i' durch Division der plasmolytischen Grenzkonzentration des Rohrzuckers durch die des KCl gefunden und i aus der Leitfähigkeit berechnet. Die Aufnahme des Salzes hat ungefähr nach einer Minute begonnen.

P'	t_p	$t_p - t_e$[1])	$m = \frac{P' - P}{t_p - t_e}$[2])	$\mu = \frac{m(t_p - t_e)}{P'}$	$\mu = 1 - \frac{i'}{i}$	i[3])
			Äussere Rinde			
0,228	2	1	0,133	0,58	0,58	1,82
0,606	5	4	0,127	0,83	0,84	1,74
1,325	10	9	0,136	0,92	0,93	1,74
1,833	20	19	0,091	0,94	0,95	1,74
			Mittlere Rinde			
0,284	2	1	0,158	0,55	0,55	1,80
0,668	5	4	0,135	0,80	0,80	1,74
1,650	10	9	0,169	0,92	0,92	1,74
2,280	20	19	0,133	0,94	0,95	1,74
			Perizykel			
0,281	2	1	0,179	0,63	0,63	1,80
0,656	5	4	0,138	0,84	0,84	1,74
1,500	10	9	0,155	0,93	0,93	1,74
2,166	20	19	0,198	0,94	0,96	1,74

Die Übereinstimmung der nach beiden Formeln berechneten μ-Werte ist gut.

Aus der Formel $\mu = \frac{m(t_p - t_e)}{P'}$ lassen sich nun einige wichtige Folgerungen ziehen. In erster Linie haben wir zu fragen, wie sich die beiden Masse der Permeabilität μ und m zueinander verhalten,

[1]) Aus der graphischen Extrapolation der Kurvenstücke zwischen 2—5 — 10 Min. ergibt sich $t_e = \pm 1$ Minute.

[2]) P (1918, S. 41):
äussere Rinde = 0,177 Mol Saccharose = 0,095 Mol KCl ($i = 1,85$)
mittlere „ = 0,234 „ „ = 0,126 „ „ („)
innere „ = 0,190 „ „ = 0,102 „ „ („)

[3]) Aus dem Leitvermögen berechnet.

wenn, wie in den früheren Versuchen, die Dauer der Plasmolyse und damit auch $t_p - t_e$ konstant ist. Es hängt dann μ nur noch von m und P' ab. Nimmt m zu, so muss auch μ zunehmen. Mit der Zunahme von m muss aber notwendig auch P' zunehmen, was eine Verringerung von μ zur Folge haben muss. Diese Abnahme von μ ist aber nicht gleich seiner Zunahme (wodurch der Wert für μ überhaupt nicht geändert würde), sondern kleiner. Aus (1) folgt nämlich, dass bei gleichbleibender Eindringungszeit $(t_p - t_e)$ die Aufnahmegeschwindigkeit m mit zunehmenden $P' - P$ in gleichem Masse zunimmt wie $P' - P$, aber in stärkerem Masse als P'. Daraus folgt, dass μ mit zunehmenden m und P' ebenfalls zunimmt, aber in schwächerem Masse als m. Wenn P' konstant bleiben könnte, während m, bei konstantem $t_p - t_e$, sich ändert, so würde μ proportional m zunehmen. Diese Proportionalität wird um so weniger geändert, je weniger mit zunehmendem m auch P' sich ändert. Bei geringen Änderungen von P' gehen die μ-Werte der Aufnahmegeschwindigknit fast proportional, bei stärkeren Änderungen von P' wird die Differenz grösser, die μ-Werte werden dann relativ weniger stark geändert als die Aufnahmegeschwindigkeit.

Mit der Methode der Permeabilitätskoeffizienten lässt sich also mit Sicherheit bei konstanter Dauer der Plasmolyse feststellen: 1. ob die Permeabilität sich geändert hat, und in welchem Sinne; 2. ob sie sich stärker oder schwächer änderte. Es erscheinen somit auch unter diesem Gesichtspunkte die Resultate meiner frühern Arbeit als gesichert.

Es erschien nun von Interesse, ob in diesen früheren Versuchen einigermassen Proportionalität zwischen m und μ bestanden hat. Da m damals nicht direkt bestimmt wurde, so habe ich es aus den übrigen Daten berechnet. Durch Umstellung der oben abgeleiteten Formel (5) erhält man nämlich

$$m = \frac{\mu P'}{t_p - t_e}.$$

Für die Berechnung wurde $t_p - t_e = 25$ Min. gesetzt, als μ wurden die neu berechneten Werte benützt und P' sind die in den früheren Protokollen angegebenen plasmolytischen Grenzkonzentrationen des NaCl. Ich führe hier das Ergebnis dieser Berechnungen an für die Versuche 10—13 und 14—17, 1910. Es sind das die Versuche, die sich auf die Einwirkung verschieden starker Lichtintensitäten bei gleich langer Belichtungszeit beziehen. Zum Vergleich sind die prozentualen Änderungen der μ-Werte derselben Versuche (s. Seite 190) mit eingesetzt.

Nr. des Versuchs	Entfernung von der Lampe	Intensität Meterkerzen	Aufnahmegeschwindigkeit = m		Änderung von m in %		Änderung von μ in %	
			Anfang	Ende				
13	10 cm	ca. 3200	0,00358	0,00237	− 34	− 32,5	− 30	− 28
14a	10 „	„ 3200	0,00507	0,00351	− 31		− 26	
12	35 cm	ca. 260	0,00371	0,00283	− 24	− 6	− 18	+ 1,5
15a	35 „	„ 260	0,00202	0,00205	+ 1,5		+ 3,5	
14b	35 „	„ 260	0,00546	0,00567	+ 3,5		+ 18	
11	50 cm	ca. 128	0,00249	0,00419	+ 68	+ 86	+ 62	+ 88
15b	50 „	„ 128	0,00275	0,00380	+ 38		+ 32	
16a	50 „	„ 128	0,00197	0,00453	+153		+170	
16b	60 cm	ca. 88	0,00255	0,00465	+ 82,5	+ 96,5	+ 98	+ 111
17a	60 „	„ 88	0,00198	0,00417	+110,5		+124	
17b	90 cm	ca. 39	0,00215	0,00329	+ 53		+ 73	
10	∞ cm		0,00323	0,00260	− 19,5		− 7	

Die Änderungen von m entsprechen den Änderungen von μ ziemlich. Ich halte mich deshalb für berechtigt, anzunehmen, dass in meinen früheren Versuchen die Änderungen von μ denen von m annähernd proportional giengen, und dass die Ergebnisse deshalb nicht anders geworden wären, wenn an Stelle von μ die Aufnahmegeschwindigkeit experimentell bestimmt worden wäre, wie es übrigens auch die neuen Versuche mit *Buxus* bestätigen, die im vorigen Abschnitt mitgeteilt sind.

An Hand der Formel $\mu = m \frac{t_p - t_e}{P'}$ haben wir gesehen, dass bei gleichbleibender Eindringungszeit μ sich in derselben, wenn auch schwächern Weise ändern muss wie m und sich überhaupt nur ändern kann, wenn auch m sich ändert. Anders liegen die Verhältnisse nun aber, wenn die Eindringungszeit nicht konstant ist. Nehmen wir einmal an, dass m konstant bleibe, so muss mit zunehmenden $t_p - t_e$ auch μ zunehmen. Die Zunahme von $t_p - t_e$ hat nun zugleich eine Zunahme von P' zur Folge. Zunehmendes P' hat einen verminderten Einfluss auf μ. Da nun aber die Zunahme von P' schwächer ist als $t_p - t_e$, so muss μ mit zunehmender Dauer der Plasmolyse ebenfalls zunehmen. In dem Fall zeigt dann also, und das sei besonders hervorgehoben, eine Zunahme von μ keine Zunahme von m an. Aber auch dann können wir an Hand von μ feststellen, ob eine Abnahme der Aufnahmegeschwindigkeit eingetreten ist. Wir müssten

zu dem Zweck die Kurve konstruieren, die bei konstanter Aufnahmegeschwindigkeit den Zusammenhang zwischen μ und der Dauer der Plasmolyse wiedergibt. Diese Kurve steigt zuerst schräg empor und biegt dann mehr und mehr gegen die Abszisse ab. Wenn nun m kleiner wird, so muss die Kurve von diesem Moment an stärker gegen die Abszisse abbiegen, als sie es bei konstanter Aufnahmegeschwindigkeit tut. Die praktische Ausführung dieser Methode verlangt die Bestimmung der plasmolytischen Grenzkonzentrationen nach verschieden langer Dauer der Plasmolyse. Dann aber ist es bequemer und einfacher, aus diesen Grenzkonzentrationen direkt m zu bestimmen statt μ, also in diesem Fall die Methode der Permeabilitätskoeffizienten nicht anzuwenden. Man kann ja schliesslich von einer Methode auch nicht mehr verlangen, als was sie wirklich gut zu leisten imstande ist. Dafür, dass die Methode der Permeabilitätskoeffizienten für vergleichende Untersuchungen sehr gut brauchbar ist, dürften nun wohl keine weiteren Beweise mehr nötig sein.

Zusammenfassung.

1. Sämtliche in der früheren Arbeit (1910) angeführten Permeabilitätskoeffizienten (μ) wurden mit Hilfe verbesserter isotonischer Koeffizienten neu berechnet. An den Resultaten der frühern Arbeit wird dadurch nichts geändert.

2. Neue Versuche, in denen die Salzmenge bestimmt wurde, die in einer bestimmten Zeit aufgenommen wurde, bestätigten die früheren Ergebnisse.

3. Es wurden die Beziehungen zwischen dem Permeabilitätskoeffizienten (μ) und der in der Minute aufgenommenen Salzmenge (m), d. h. der Aufnahmegeschwindigkeit, theoretisch abgeleitet.

Nachschrift.

Die Arbeit von K. Heusser über die Permeabilität gesunder und kranker Pflanzenzellen (diese Zeitschrift, Bd. 62, 1917, S. 565—588) erhielt ich erst, als das Manuskript der vorstehenden Arbeit bereits an die Redaktion abgegangen war.

Heusser geht von der Annahme aus, dass das Konzentrationsgefälle bei der Stoffaufnahme eine Rolle spiele. Das trifft für die Salze nicht zu (Tröndle, Arch. d. sc. phys. et nat. 1908 und vorstehende

Arbeit S. 206/207). Heusser's Einwände gegen Fitting's und meine Methode fallen somit dahin. Übrigens zeigen auch seine eigenen Versuche sehr schön, was er offenbar nicht bemerkt hat, dass die Aufnahme der Stoffe anfänglich mit konstanter Geschwindigkeit vor sich ging, trotzdem mit zunehmendem Aufenthalt in der Lösung das Konzentrationsgefälle zwischen Aussenlösung und Zellsaft abnimmt. Erst nach einiger Zeit wird die Aufnahmegeschwindigkeit auch in Heusser's Versuchen langsamer. Das könnte eine Folge der Abnahme des Konzentrationsgefälles sein, trifft aber offenbar nicht zu, da in meinen Versuchen die gleiche Erscheinung mit zunehmendem Konzentrationsgefälle auftrat.

Literatur.

Fitting, H. Tropismen, Handwörterbuch der Naturwissensch. **8.** 1913. S. 234—81.

— Untersuchungen über die Aufnahme von Salzen in die lebende Zelle. Jahrbüch. für wissenschaftl. Botanik. **56.** 1915. S. 1—64.

— Untersuchungen über isotonische Koeffizienten und ihren Nutzen für Permeabilitätsbestimmungen. Jahrbüch. für wissenschaftl. Bot. **57.** 1917. S. 553—612.

Renner, O. Über die Berechnung des osmotischen Druckes. Biol. Zentr.-Blatt. **32.** 1912. S. 486—504.

Ruhland, W. Untersuchungen über den Kohlenhydratstoffwechsel von *Beta vulgaris*. Jahrbüch. für wissenschaftl. Botanik. **50.** 1911. S. 200—257.

Tröndle, A. Der Einfluss des Lichtes auf die Permeabilität der Plasmahaut. Jahrbüch. für wissenschaftl. Botanik. **48.** 1910. S. 171—282.

— Über die Permeabilität der Wurzelspitze für Salze. Actes de la Soc. helvét. de sc. nat. 97me session 1915. 2e partie, pag. 203—5.

— Sur la perméabilité du protoplasme vivant pour quelques sels. Archives des sc. physiques et naturelles, 4. Pér. **45.** 1918, pag. 38—54; 117—132.

— Über die Aufnahme von Salzen durch die Zelle. Verhdlg. d. Schw. Nat. Ges. 99. Jahresversammlung. 1917. 2. Teil.

de Vries, H. Plasmolytische Studien über die Wand der Vakuolen. Jahrbüch. für wissenschaftl. Botanik. **16.** 1885. S. 465—593.

Abhandlung über die Ausmessung der Parabel von Ibrāhīm b. Sinān b. Thābit.

Aus dem Arabischen übersetzt und kommentiert

von

H. Suter, Zürich.

(Als Manuskript eingegangen am 17. Januar 1918.)

In der von mir in den Sitzungsberichten der phys.-medizin. Sozietät in Erlangen (Bd. 48, 1916) veröffentlichten Abhandlung über die Ausmessung der Parabel von *Thābit b. Ḳurra* habe ich am Schlusse auf eine zweite Abhandlung über denselben Gegenstand aufmerksam gemacht, die der Enkel *Thābits, Ibrāhīm b. Sinān b. Thābit*[1]), verfasst hat und die ebenfalls im Pariser Manuskript 2457 als Nr. 26 noch vorhanden ist; sie folgt in diesem Manuskript unmittelbar der *Thābit*'schen Abhandlung (Nr. 25) und nimmt Fol. 134^b—136^b in Anspruch. Sie ist von der gleichen Hand geschrieben wie die vorhergehenden Abhandlungen, und es gilt also von ihr dasselbe, was ich über diese von Woepcke als Autographen des persischen Geometers *Abū Saʿīd al-Sidjzī* betrachteten Schriften in der genannten Abhandlung (S. 66—67) gesagt habe[2]) und zwar in noch erhöhtem Masse, denn dieses Stück weist noch viel grössere Lücken und mehr unrichtige Figuren und falsche Buchstaben auf als die vorhergehenden, so dass es mich keine geringe Mühe gekostet hat, diese Mängel so auszubessern, dass man die ursprüngliche Arbeit *Ibrāhīm b. Sināns* wieder erkennen kann. Ich war mehrmals daran, die Veröffentlichung dieser Schrift aufzugeben, nur das historische Interesse an dieser ausgezeichneten, von

[1]) Das b. vor einem Eigennamen bedeutet ibn oder ben = Sohn (des); dieser Mathematiker lebte von 908—946, für weiteres über ihn vergl. meine Schrift: Die Mathematiker und Astronomen der Araber etc. in Abhandlungen zur Geschichte der mathem. Wissenschaften, X (1900), S. 53—54.

[2]) Dass nämlich diese Abhandlungen des Ms. 2457 unmöglich Autographen des bedeutenden persischen Geometers sein können.

den andern Arbeiten über diesen Gegenstand so bedeutend abweichenden Darstellung hat mich von diesem Gedanken wieder abgebracht. — Diese Abhandlung befindet sich auch noch handschriftlich in London (India Office)[1]) und Kairo[2]).

Text.

Im Namen Allāhs, des Barmherzigen und Gnädigen!

Ich hatte vor längerer Zeit eine Schrift verfasst über die Ausmessung dieses Kegelschnittes, dann änderte ich in einem Satze desselben etwas ab; hierauf gingen beide Schriften, die ältere und die verbesserte, verloren; ich war nun gezwungen, von den früheren Schriften zu wiederholen (wieder herzustellen), was ich für unerlässlich fand für diese neue Schrift. Wenn nun eine Schrift gefunden wird, deren Worte mit denen dieser Schrift nicht ganz (aber doch teilweise) übereinstimmen, oder deren Sinn bisweilen von dem dieser Schrift etwas abweicht, so ist es eine der beiden erwähnten (verlorenen) Schriften. Schon mein Grossvater, *Thābit b. Ḳurra*, hat eine Schrift über diesen Gegenstand verfasst, ebenso *al-Māhānī*.[3])

Satz 1: Wenn eine vieleckige (Text: vielwinklige) Figur *abgdeml* gegeben ist und ebenso eine zweite solche Figur *zhtiksn*, und es seien [in der ersten][4]) die Linien *bl*, *gm* parallel *de*, [in der zweiten] *hn*, *ts* parallel *ik*, und es sei das Verhältnis der Strecken [*bl*, *gm*, *de* der ersten Figur gleich dem Verhältnis der Strecken] *hn*, *ts*, *ik* [der zweiten Figur] und ebenso [nachdem noch die Senkrechten *aq* und *zy* auf *de*, bezw. *ik* gezogen sind] das Verhältnis der Strecken *ao*, *of*, *fq*[5]) der ersten Figur gleich dem Verhältnis der Strecken [*zw*, *wx*, *xy* der zweiten Figur], und es werden noch die Linien *ad*, *zi* [und *ae*, *zk*] gezogen, so verhält sich

$$\triangle ade : \triangle zik = \text{Fig. } abgdeml : \text{Fig. } zhtiksn.$$

---

[1]) Katalog von O. Loth, Nr. 767, 6°.

[2]) Katalog von K. Vollers, Bd. V, p. 200 (Nr. 7804, 16°).

[3]) Vergl. meine oben zitierte Schrift S. 26; weder der Fihrist noch *Ibn al-Kiftī* erwähnen diese Arbeit über die Parabel.

[4]) Was in eckigen Klammern steht, sind Lücken des arabischen Textes.

[5]) An Stelle dieser Strecken stehen im Text fälschlich die Strecken *al*, *lm*, *me* (vergl. auch den Kommentar); es hat auch die Figur links im Ms. teilweise die gleichen Buchstaben wie die rechts, so dass ich gezwungen war, die doppelt vorkommenden durch andere zu ersetzen, daher die Buchstaben *o*, *x*, *y*, die keinen arabischen entsprechen.

Beweis: Wir ziehen die Senkrechten $aofq$ und $zwxy$ auf de bezw. ik [1]), dann hat man:

$$\triangle ade : \text{Fl. } gdem = aq \cdot \frac{de}{2} : fq \left(\frac{de+gm}{2}\right), \text{ oder:}$$

$$\triangle ade : \text{Fl. } gdem = \frac{aq}{fq} \cdot \frac{de}{de+gm};$$

ebenso findet man, dass

$$\triangle zik : \text{Fl. } ikts = \frac{zy}{xy} \cdot \frac{ik}{ik+ts};$$

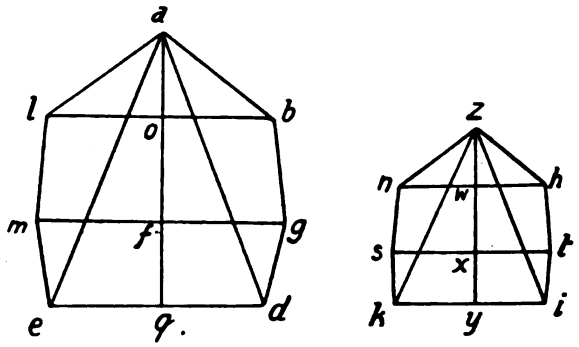


Fig. 1.

nun ist aber $aq : fq = zy : xy$, und ebenso $de : de + gm = ik : ik + ts$, nach Voraussetzung, mithin sind die aus ihnen zusammengesetzten Verhältnisse ebenfalls gleich, also hat man die Proportion:

$$\triangle ade : \text{Fl. } gdem = \triangle zik : \text{Fl. } ikts$$ [2]);

ebenso findet man:

$$\triangle ade : \text{Fl. } bgml = \triangle zik : \text{Fl. } htsn,$$
$$\triangle ade : \text{Fl. } abl \quad = \triangle zik : \text{Fl. } zhn.$$

Vertauschen wir die innern Glieder und fassen zusammen, so erhalten wir:

$$\triangle ade : \triangle zik = \text{Fl. } abgdeml : \text{Fl. } zhtiksn, \text{ w. z. b. w.}$$

Satz 2: Wir wollen nun beweisen, dass irgend zwei Segmente einer Parabel sich zu einander verhalten wie die zwei Dreiecke, die zu Grundlinien die Grundlinien der Segmente und zu Spitzen die Scheitel der Segmente haben.

Beweis: Das eine Parabelsegment sei abg, das andere dez, ihre Grundlinien ag, dz; wir halbieren sie in den Punkten h und t, die Durchmesser seien bh, et; wir ziehen noch ab, bg, de, ez, so sagen

[1]) Dies sollte schon im Lehrsatz stehen, in den ich es deshalb aufgenommen habe.

[2]) Hier folgt nun ein ganz verdorbener Text, mit Auslassungen und Wiederholungen, ich habe die Sache auf die kürzeste Weise gefasst.

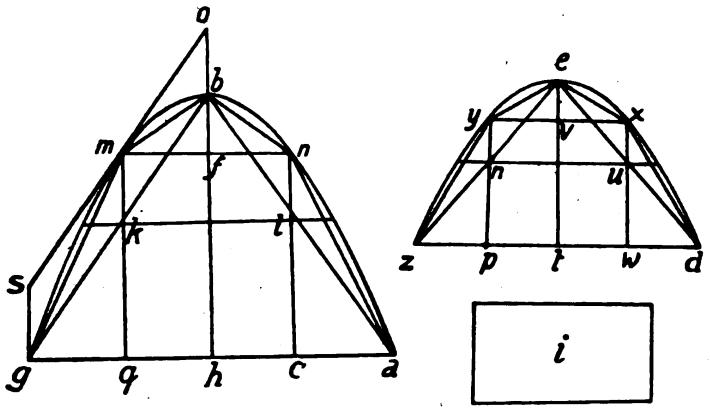


Fig. 2.

wir, dass, was wir behauptet haben, wahr ist. Denn wenn es nicht wahr wäre, so sei erstens das Verhältnis $\triangle dez : \triangle abg$ = Segment dez : einer Fl. < Segm. abg, es sei dies die Fläche i; wir halbieren bg in k und ab in l und ziehen die Durchmesser qm und cn [1]) parallel zu bh, und ziehen noch an, bn, bm, mg; nun ist jedes einzelne der Dreiecke anb, bmg grösser [2]) als die Hälfte des Segmentes, in dem es liegt, und das deshalb, weil, wenn wir eine Tangente an die Parabel im Punkte m ziehen, sie sei smo, diese parallel bg ist, welches eine Ordinate zum Durchmesser mq ist, und wenn wir gs parallel bh ziehen, so ist $\triangle bgm = \frac{1}{2}$ Parallelogramm $bosg$; dieses ist aber grösser als das Segment bmg, also ist seine Hälfte, d. h. $\triangle bmg$, grösser als die Hälfte des Segmentes. Wir hören nun nicht auf mit der Halbierung der Linien an, nb, bm, mg und mit dem Ziehen von Durchmessern durch die Halbierungspunkte, so dass hiedurch neue Dreiecke entstehen, die stets grösser sind als die Hälfte der Segmente, in denen sie liegen, bis der Rest, der von der Parabel übrigbleibt, kleiner ist als der Überschuss des Parabelsegmentes über die Fläche i [3]) [was nach X, 1 des Euklides möglich ist]; es sei dies nun in unserer Figur so weit gebracht, so dass also die übrigbleibenden kleinen Segmente zusammen kleiner als die Grösse e sind, dann sind die Flächen mbn, $anmg$ zusammen grösser als die Fläche i [denn Parabel — einbeschrieb. Fig. < e, aber e = Parabel — i, also Parabel

[1]) Überall hat hier der Text falsche Buchstaben, die nicht mit denen der Figuren stimmen.

[2]) Der Text hat „kleiner".

[3]) Diesen Überschuss wollen wir im folgenden zur Vereinfachung des Beweises mit e bezeichnen, was im Texte nicht getan ist.

— einbeschrieb. Fig. < Parabel — i, mithin einbeschrieb. Fig. > i]; nun ist also nach unserer Voraussetzung:

$$\triangle dez : \triangle abg = \text{Segm. } dez : \text{einer Fläche} < \text{Fl. } anbmg.$$

Wir ziehen nun genau die entsprechenden Linien im Parabelsegment dez [1]), dann ist also $bh : bf = et : ev$ etc., dann besteht nach *Apollonius*, der bewiesen hat, dass die Quadrate der Ordinaten sich wie die Abszissen der Parabel verhalten, die Proportion:

$$dz^2 : xy^2 = ag^2 : mn^2,$$

also auch

$$dz : xy = ag : mn,$$

also hat man nun nach Satz 1:

$$\triangle dez : \triangle abg = \text{Fl. } dxeyz : \text{Fl. } anbmg,$$

nach dem oben bewiesenen ist aber:

$$\triangle dez : \triangle abg = \text{Segm. } dez : \text{einer Fläche} < \text{Fl. } anbmg,$$

also müsste nun die Proportion bestehen:

$$\text{Fl. } dxeyz : \text{Fl. } anbmg = \text{Segm. } dez : \text{einer Fläche} < \text{Fl. } anbmg,$$

mithin müsste Segm. $dez <$ Fl. $dxeyz$ sein, was unmöglich ist, da die letztere dem Segment einbeschrieben ist, also ist die Annahme unrichtig, dass $\triangle dez : \triangle abg =$ Segm. dez : einer Fläche < Segm. abg sein könne.

Wir nehmen nun zweitens an, dass es möglich wäre, dass die Proportion bestehe:

$$\triangle dez : \triangle abg = \text{Segm. } dez : \text{einer Fläche} > \text{Segm. } abg.$$ [2])

[Ganz analog, wie wir oben bewiesen haben, dass nicht die Proportion bestehen könne : $\triangle dez : \triangle abg =$ Segm. dez : einer Fläche < Segm. abg, hätten wir auch beweisen können, dass nicht $\triangle abg : \triangle dez =$ Segm. abg : einer Fläche < Segm. dez sein kann. Es sei nun i eine Fläche > Segm. abg, dann heisst also unsere zweite Annahme:

$$\triangle dez : \triangle abg = \text{Segm. } dez : i$$

---

[1]) Diese Linien sind im Text alle angegeben, ich lasse sie hier der Kürze halber weg.

[2]) Was nun weiter folgen sollte, ist im Text ganz verdorben, es wird mit zwei Linien abgetan; ich gebe nun den Schluss des Beweises nach *Euklides* XII, 2 u. 5, und zweifle nicht daran, dass auch *Ibrāhīm b. Sinān* diesen Gang eingeschlagen habe, die zwei Linien, die der Text aufweist, deuten dies an.

oder die Verhältnisse umgekehrt:

$$\triangle abg : \triangle dez = i : \text{Segm. } dez,$$

es besteht nun aber auch die Proportion:

$$i : \text{Segm. } dez = \text{Segm. } abg : \text{Fläche} < \text{Segm. } dez\ ^{1}),$$

also wäre nun auch:

$$\triangle abg : \triangle dez = \text{Segm. } abg : \text{Fläche} < \text{Segm. } dez,$$

was wieder nach dem ersten Falle unmöglich ist. Also kann nur die Proportion bestehen:

$$\triangle abg : \triangle dez = \text{Segm. } abg : \text{Segm. } dez].$$

Satz 3: Ich sage, dass jedes Parabelsegment zu dem Dreieck, das mit ihm die gleiche Basis und die gleiche Höhe (den gleichen Scheitel) hat, sich wie 4 : 3 verhält.

Beweis: Wir nehmen die Parabel abg an, ihre Basis sei ag, der Durchmesser bd, der die Basis halbiert, wir ziehen die Linien ab, bg und halbieren bg im Punkte e und ziehen zeh parallel zu bd, und ebenso die Ordinate zit. Weil nun $dg : ti$ [2]) $= bd : bt = dg^2 : tz^2$, wie im Buche der Kegelschnitte [des *Apollonius*] bewiesen wurde, ist tz mittlere Proportionale zwischen dg und ti, also $dg : tz = tz : ti$; weil nun $be = eg$ und eh parallel bd ist, ist auch $dh = hg$, also $dg = 2\,tz$, also auch $tz = 2\,ti$, also ist $dg = 2\,tz = 4\,ti = 4\,zi$. Wir ziehen nun die Senkrechte zl auf bg und ebenso dk senkrecht auf bg, so sind diese Senkrechten parallel, und weil auch tz parallel dg, sind die Dreiecke zli und dgk ähnlich, also $dg : zi = dk : zl$, und weil $dg = 4\,zi$, so ist auch $dk = 4\,zl$, mithin:

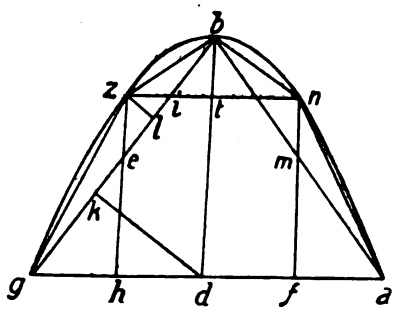


Fig. 3.

$$dk \cdot \frac{bg}{2} \text{ d. h. } \triangle bgd = 4\,zl \cdot \frac{bg}{2} = 4 \triangle bzg,$$

---

[1]) Diese Proportion wird bei Euklides in einem Lemma zu XII, 2 bewiesen; das Lemma ist aber jedenfalls, wie auch Heiberg vermutet, unecht, denn die Proposition bedarf gar keines Beweises: da nach Voraussetzung das 1. Glied grösser ist als das 3., muss natürlich auch das 2. grösser sein als das 4.

[2]) Der Text hat unrichtig $sh : tz$.

also $\triangle abg = 2 \triangle bgd = 8 \triangle bzg$, oder $\triangle bzg = \frac{1}{8} \triangle abg$. Es besteht aber nach Satz 2 die Proportion:

$$\text{Segm. } abg : \text{Segm. } bzg = \triangle abg : \triangle bzg,$$

also ist auch: Segm. $bzg = \frac{1}{8}$ Segm. abg.

Auf dieselbe Weise finden wir auch, wenn wir ab im Punkte m halbieren und nmf parallel bd ziehen und ebenso an und bn, dass $\triangle anb = \frac{1}{8} \triangle abg$, also auch

$$\text{Segm. } anb = \frac{1}{8} \text{ Segm. } abg,$$

also die beiden Segmente anb und bzg zusammen $= \frac{1}{4}$ Segm. abg. Wenn wir nun das Segment $abg = 4$ Teile setzen, so sind die Segmente anb und bzg zusammen $= 1$ Teil, dann bleiben für das $\triangle abg = 3$ Teile, also verhält sich das Segment abg zum $\triangle abg$ wie $4 : 3$, w. z. B. w.

(Hiemit wäre die Parabelquadratur erledigt, *Ibrāhīm b. Sinān* fügt aber noch einen vierten Satz hinzu, der eigentlich mit der Quadratur nichts mehr zu tun hat.)

Satz 4: Ich sage, dass zwei Parabelsegmente mit parallelen Basen sich zu einander verhalten wie das Verhältnis ihrer Höhen (Durchmesser), zusammengesetzt mit dem Verhältnis der Quadratwurzeln ihrer Höhen (Durchmesser).[1])

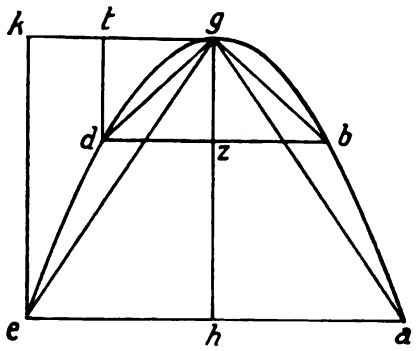


Fig. 4.

Beweis: Es sei die Parabel $abgde$ gegeben und ae parallel bd, der Durchmesser, der beide Basen halbiert, sei gzh; wir ziehen durch g die Parallele gt zu ae und bd, ferner dt und ek parallel zu gh, so ist Fl. $zgtd = \triangle bgd$, ebenso Fl. $hgke = \triangle age$, deshalb besteht die Proportion (nach Satz 2) : Segm. age : Segm. bgd = Fl. $hgke$: Fl. $zgtd$, aber Fl. $hgke$: Fl. $zgtd = gh \cdot eh : gz \cdot dz$, also Segm. age : Segm. $bgd = gh \cdot eh : gz \cdot dz$, aber $gh : gz = eh^2 : dz^2$, [also $\sqrt{gh} : \sqrt{gz} = eh : dz$], mithin: Segm. age : Segm. $bgd = gh\sqrt{gh} : gz\sqrt{gz}$, w. z. b. w.

[1]) Wörtlich: zusammengesetzt mit einem Verhältnis, das verdoppelt (d. h. quadriert) das Verhältnis der Höhen ergibt, d. h. also mit dem Verhältnis $\sqrt{gh} : \sqrt{gz}$.

Beendet ist die Schrift des *Ibrāhīm b. Sinān b. Thābit* über die Ausmessung der Parabel, geschrieben von *Aḥmed b. Muḥ. b.ʿAbdaldjalīl* in *Shīrāz* im Monat *Ardibehisht* des Jahres 338 *Yezdegirds* (d. i. 969 n. Chr.) Allāh sei Lob und Dank!

(Am Rande steht von anderer Hand und anderer Tinte: Ich habe diese Abhandlung verglichen mit einer andern fremden (*ġarība*) Handschrift.... [1])

* * *

Kommentar.

Diese Parabelquadratur ist unstreitig die einfachste von allen, die wir bis jetzt aus Altertum und Mittelalter kennen gelernt haben; *Ibrāhīm b. Sinān* braucht nur drei Sätze, die eigentlich nichts anderes voraussetzen als die Kenntnis einiger Sätze aus der Kegelschnittslehre und den 1. Satz des X. Buches des *Euklides* mit der Exhaustionsmethode. Satz 1 und 3 verleihen dieser Parabelquadratur ihre Originalität, im letztern Satze wird auf ganz einfache Weise (unter Zuhilfenahme von Satz 2) gezeigt, dass jedes Parabelsegment zu dem Dreieck, das mit ihm gleiche Basis und gleichen Scheitel hat, sich wie 4 : 3 verhält, und zwar wird dieser Satz ohne Herbeiziehung der *Reductio ad absurdum* bewiesen, weil er diese schon im 2. Satze angewandt hat.[2]) Im Beweis zu Satz 3 macht sich allerdings die etwas zu starke Kürzung im Beweisgang des arabischen Geometers etwas störend geltend: er hätte in Satz 2 deutlicher darauf hinweisen sollen, dass der Satz nicht nur für Parabelsegmente gilt, bei denen der Durchmesser zugleich Achse ist, oder, mit andern Worten, bei denen die Ordinaten senkrecht zum Durchmesser stehen, sondern auch für solche, bei denen sie schief zu demselben stehen; man könnte freilich sagen, dass die Ausdrucksweise des Satzes 2 diese Verallgemeinerung in sich schliesse, doch sollten dann die Figuren auch dementsprechend gezeichnet sein, was eben im Texte nicht der Fall ist. Es ist nun wohl richtig, aber nicht so unmittelbar einleuchtend, dass in Figur zu Satz 3 auch die Proportion bestehe: Segm. abg : Segm. bzg $= \triangle abg : \triangle bzg$. Dieses genauer festzustellen, hat also *Ibrāhīm b. Sinān* nicht für nötig gehalten, sein Grossvater aber hätte es schwerlich unterlassen; möglich wäre auch, dass *Ibrāhīm* diesen Fall in einem Zusatz zu Satz 2 oder 3 berücksichtigt haben möchte, dieser Zusatz aber, wie noch verschiedenes anderes, durch spätere Abschreiber weggelassen worden wäre. — Zu den beiden Figuren zu Satz 1 haben

[1]) Das letzte Wort ist unlesbar. Diese Vergleichung hat der vorliegenden Abhandlung freilich nicht viel genützt.

[2]) Vergl. auch S. 227.

wir noch folgendes zu bemerken: dieselben sind im Manuskript unvollständig gezeichnet, links schliessen sie, soweit ich dies aus der etwas schwachen photographischen Wiedergabe erkennen konnte, mit der geraden Linie *zk* bezw. *ae* ab, die Vierecke *znsk* bezw. *almε* fehlen also; diese Unvollständigkeit der Figuren ändert allerdings am Beweise nichts.

Damit nun die Richtigkeit unserer Behauptung, dass dies die kürzeste Parabelquadratur sei, die aus dem Altertum und Mittelalter auf uns gekommen ist, klar hervortrete, wollen wir auch die Archimedische Ableitung zur Vergleichung herbeiziehen und geben im folgenden von derselben eine deutsche Übersetzung nach der Heibergschen 2. Ausgabe der Werke des *Archimedes* (1913, Bd. 2, S. 301—315), was wohl für viele Leser angenehm sein wird.[1]) Wir fassen uns in dieser Übertragung des griechischen (bezw. lateinischen) Textes, besonders in den Beweisen, so kurz als möglich.

(Es gehen der geometrischen Ableitung 17 Sätze der mechanischen voraus, dann folgt):

Satz 18: Ist ein Parabelsegment gegeben und wird von der Mitte seiner Basis aus eine Parallele zum Durchmesser (oder Achse) gezogen, so ist der Scheitel des Segmentes der Punkt, in dem diese Parallele die Parabel trifft.

Beweis: (s. folg. Fig.: D = Mitte der Basis AG, B der Scheitel.) Er ergibt sich aus einer vorangegangenen Definition, die sagt, unter Scheitel eines Parabelsegmentes verstehe man den Punkt der Parabel, von dem aus man die längste Senkrechte auf die Basis ziehen könne.

Satz 19: In einem Parabelsegment ist die von der Mitte der Basis nach dem Scheitel gezogene Gerade $^4/_3$ der aus der Mitte der Hälfte der Basis zur ersten parallel gezogenen Geraden.

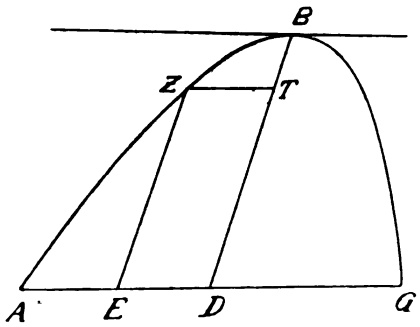


Fig. 5.

Beweis: Nach früheren Sätzen besteht, wenn noch ZT parallel AD gezogen wird, die Proportion: $BD : BT = AD^2 : ZT^2$; AD^2 ist aber $= 4\,ZT^2$, weil $AD = 2\,ZT$ ist, mithin auch $BD = 4\,BT$, also

$$BD = \frac{4}{3}\,TD = \frac{4}{3}\,ZE.$$

Satz 20: Wird einem Parabel-

[1]) Es existiert allerdings bereits eine deutsche Übersetzung der Hauptwerke des *Archimedes* durch *E. Nizze* aus dem Jahre 1824 (Stralsund), allein dieselbe ist nicht sehr verbreitet und demnach vielen Lesern nicht so leicht erreichbar. Speziell die Quadratur der Parabel übersetzte auch *J. J. Hoffmann*, Aschaffenburg 1817.

segment ein Dreieck einbeschrieben, das dieselbe Basis hat wie das Segment und dieselbe Höhe (also die Spitze im Scheitel des Segmentes), so ist dieses Dreieck grösser als die Hälfte des Segmentes.

Beweis: Es werden noch AD und GE parallel zum Durchmesser gezogen, so ist, da die Tangente im Punkte B parallel zur Basis ist, $ADEG$ ein Parallelogramm, also $\triangle ABG = \frac{1}{2} ADEG$; das Parallelogramm ist aber $>$ das Parabelsegment, also $\triangle ABG >$ das halbe Parabelsegment.

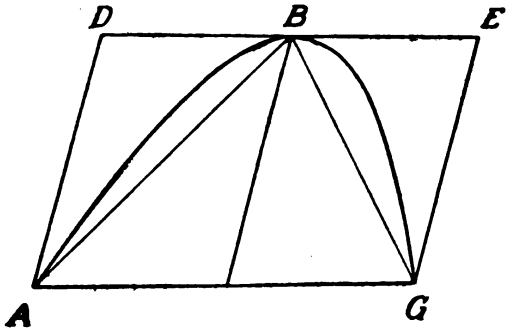


Fig. 6.

Corollarium: Hieraus ist klar, dass es möglich ist, in ein solches Parabelsegment ein Polygon einzubeschreiben und zwar so, dass die übrigbleibenden Segmente schliesslich kleiner werden als irgendeine gegebene kleine Fläche; denn wenn immer Teile (Dreiecke) weggenommen werden, die grösser sind als die Hälfte des jeweilen übrigbleibenden Segmentes, so ist (nach Euklides X, 1) klar, dass man schliesslich zu einem Reste kommen muss, der kleiner ist als irgend eine gegebene (noch so kleine) Fläche.

Satz 21: Wenn in ein Parabelsegment ein Dreieck einbeschrieben wird mit der gleichen Basis und der gleichen Höhe und in die beiden übrigbleibenden Segmente wieder je ein Dreieck von derselben Basis und Höhe wie diese neuen Segmente, so ist das erste einbeschriebene Dreieck achtmal so gross wie jedes der zweiten Dreiecke.

Beweis: D sei die Mitte von AG, B der Scheitel des Segmentes, E und K die Mitten von AD bezw. DG, und EZ und KH parallel zu BD. T sei Schnittpunkt von EZ mit AB, also T die Mitte von AB, so ist Z der Scheitel des Segmentes AZB, also hat das Dreieck AZB dieselbe Basis und Höhe wie das Segment AZB. Es ist nun

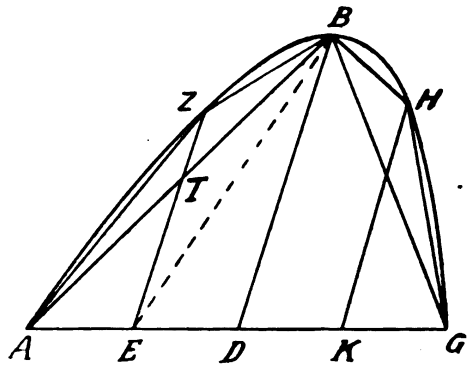


Fig. 7.

$BD = \frac{4}{3} EZ$ (n. Satz 19), aber $BD = 2\,ET$, also $ET = \frac{2}{3} EZ = 2\,TZ$, also ist auch $\triangle AEB = 2 \triangle ABZ$, denn $AET = 2\,ATZ$ und $TBE = 2\,TBZ$, mithin $\triangle ABG = 2 \triangle ABD = 4 \triangle AEB = 8 \triangle ABZ$. Auf die gleiche Weise zeigen wir, dass auch $\triangle ABG = 8 \triangle BHG$.

Satz 22: Es sei ein Parabelsegment gegeben und es werden beliebige Flächen Z, H, T, J angenommen, die zueinander in geometrischer Progression mit dem Quotienten $^1/_4$ stehen, und es sei Z die grösste und gleich dem dem Parabelsegment einbeschriebenen Dreieck von gleicher Basis und Höhe, so ist die Summe aller dieser Flächen kleiner als die Fläche des Segmentes.

Beweis: Es sei (s. vorige Fig.) $AZBHG$ das Parabelsegment und Z, H, T, J die vier Flächen in abnehmender geometrischer Progression mit dem Quotienten $^1/_4$, und Z sei gleich dem Dreieck ABG.

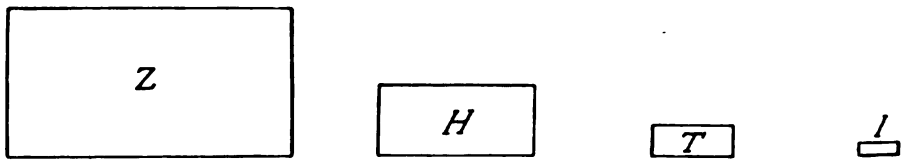


Fig. 8.

Da nun nach vorigem Beweis $\triangle ABG = 8 \triangle ABZ = 8 \triangle BHG$, so ist auch $\triangle ABG = 4\,(\triangle ABZ + \triangle BHG)$, und da $\triangle ABG = Z$ (nach Voraussetzung), so ist also $\triangle ABZ + \triangle BHG = \frac{1}{4} Z = H$. Auf gleiche Weise zeigen wir, dass auch die in die übrigbleibenden vier Segmente einbeschriebenen, die gleichen Basen und Höhen wie diese Segmente habenden Dreiecke zusammen gleich der Fläche T sind, und endlich die wieder in die übrigbleibenden Segmente einbeschriebenen Dreiecke zusammen gleich der Fläche J sind. Alle diese Flächen zusammen sind aber gleich einem in das Parabelsegment einbeschriebenen Polygon, also kleiner als das Segment, w. z. b. w.

Satz 23: (arithmetischer Hilfssatz): Wenn eine Reihe von Grössen in geometrischer Progression mit dem Quotienten $^1/_4$ gegeben sind, so ist die Summe aller dieser Grössen, vermehrt um den dritten Teil der letzten (kleinsten), gleich $^4/_3$ der ersten Grösse.

Beweis: Die aufeinander folgenden, in geometrischer Progression stehenden Grössen seien A, B, G, D, E, die grösste A; es seien nun

vier andere Grössen gegeben Z, H, T, J, und zwar sei $Z = \frac{1}{3} B$, $H = \frac{1}{3} G$, $T = \frac{1}{3} D$, $J = \frac{1}{3} E$; da nun $Z = \frac{1}{3} B$ und $B = \frac{1}{4} A$, ist $B + Z = \frac{1}{3} A$; ebenso findet man, dass $G + H = \frac{1}{3} B$, $D + T = \frac{1}{3} G$, $E + J = \frac{1}{3} D$, also ist

$$B + G + D + E + Z + H + T + J = \frac{1}{3}(A + B + G + D),$$

es ist aber nach Voraussetzung $Z + H + T = \frac{1}{3}(B + G + D)$, also:

$$B + G + D + E + J = \frac{1}{3} A;$$

mithin $$A + B + G + D + E + J = \frac{4}{3} A,$$

oder $$A + B + G + D + E + \frac{1}{3} E = \frac{4}{3} A$$ w. z. b. w.

Satz 24: Jedes Parabelsegment ist gleich $\frac{4}{3}$ des Dreieckes von gleicher Basis und gleicher Höhe.

Beweis: (s. Fig. zu Satz 21.) Es ist zu beweisen, dass Segment $AZBHG = \frac{4}{3} \triangle ABG$ ist. Es sei $K = \frac{4}{3} \triangle ABG$, also muss bewiesen werden, dass P. S. [1]) $AZBHG = K$ ist. Wenn es nicht gleich K wäre, so müsste es entweder grösser oder kleiner als K sein. Es sei nun zuerst grösser als K. Man beschreibe in die P. S. ABZ und BGH zuerst die Dreiecke ABZ und BGH, die mit den Segmenten gleiche Basis und gleiche Höhe haben, in die übrigbleibenden Segmente wiederum Dreiecke von gleicher Basis und Höhe, wie schon oben dargestellt worden ist, und setze dies so lange fort, bis die übrigbleibenden Segmente zusammen kleiner als der Überschuss des P. S. über die Fläche K sind, dann ist also das dem P. S. einbeschriebene Polygon grösser als die Fläche K [2]), was unmöglich ist, denn nach Satz 23 ist das einbeschriebene Polygon, d. h. $\triangle ABG + \frac{1}{4} \triangle ABG + \frac{1}{16} \triangle ABG + \cdots < \frac{4}{3} \triangle ABG$, oder also Polygon

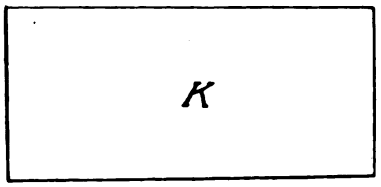


Fig. 9.

[1]) Ich setze für Parabelsegment in diesem Beweise die Abkürzung P. S.

[2]) Denn nach Annahme und Konstruktion wäre P. S. — Polygon $<$ P. S. — K, also Polygon $> K$.

$< K$. Das P. S. $AZBHG$ kann also nicht grösser sein als die Fläche K.

Es sei nun zweitens kleiner als die Fläche K. Man zeichne wiederum in die jeweilen übrigbleibenden Segmente die entsprechenden Dreiecke wie vorher und setze dies so lange fort, bis die Summe J der zuletzt gezeichneten Dreiecke kleiner ist als der Überschuss der Fläche K über das P. S.; wir wollen diesen Überschuss Q nennen, dieser sei nun also grösser als J [1]) (s. Fig. zu Satz 22), nun ist also

$$K = \text{P. S.} + Q.$$

Es ist aber (nach Satz 23): $Z + H + T + J + \frac{1}{3} J = \frac{4}{3} Z = K$, mithin besteht nun die Gleichheit:

$$\text{P. S.} + Q = Z + H + T + J + \frac{1}{3} J,$$

da nun $Q > J$, aber $\frac{1}{3} J < J$ ist, so muss

$$Z + H + T + J > \text{P. S.}$$

sein, was im Widerspruch zu Satz 22 steht, in welchem bewiesen wurde, dass die Summe aller der Flächen Z, H, T, J etc. kleiner als die Fläche des P. S. sei; also kann das P. S. weder grösser noch kleiner als K sein, es muss also $= K = \frac{4}{3} \triangle ABG$ sein.

* * *

Wir sehen, dass *Archimedes* sieben Sätze (worunter einen arithmetischen Hilfssatz) braucht, um die Quadratur zu finden, der Enkel *Thabits* aber nur deren drei. Die sieben Sätze des *Archimedes* liessen sich allerdings auf sechs reduzieren, denn es könnten leicht 18 und 19 in einen Satz vereinigt werden, vielleicht hätten sich auch 22 und 24 zu einem vereinigen lassen; *Archimedes* zeigt sich eben etwas weniger voraussetzungslos als der Araber. — Was die Methoden beider Geometer anbetrifft, so finden wir bei näherer Betrachtung in derjenigen des Arabers einen nicht geringen Vorzug vor der des Griechen. Wie *C. R. Wallner* in München in seiner Abhandlung „Die Wandlungen des Indivisibilienbegriffs von *Cavalieri* bis *Wallis*“ [2]) ganz richtig bemerkt, ist die *Archimedische* Methode und ihre Nachbildungen „durchaus von der seinen (*Cavalieri*'s) verschieden, denn sie sind indirekte

[1]) Diese Annahme ist möglich, denn wir können durch Einschreiben immer weiterer Dreiecke das J so klein werden lassen, als wir wollen.

[2]) Biblioth. mathem. 4_3 (1903), S. 39.

Beweisverfahren, setzen die Kenntnis des Resultates bereits voraus, operieren nirgends mit Indivisibilien oder Koordinaten, sondern ausschliesslich mit ein- und umschriebenen Figuren", etc. Das gleiche gilt nun in der Tat auch von den Arbeiten des *Ibn al-Haitham*, des *Thābit b. Kurra*, des *Abū Sahl al-Kūhī* über die Quadratur der Parabel und die Kubatur des Paraboloides; bei allen diesen Geometern wird als letzter Satz aufgestellt: Ein Parabelsegment ist gleich $\frac{4}{3}$ des Dreiecks [1]), das mit ihm gleiche Basis und gleiche Höhe hat, oder: Ein Paraboloidsegment ist gleich der Hälfte des umbeschriebenen Zylinders, und dann wird indirekt gezeigt, dass dieses Segment nicht grösser und nicht kleiner als $\frac{4}{3}$ dieses Dreieckes, bezw. $\frac{1}{2}$ dieses Zylinders sein kann. *Ibrāhīm b. Sinān* nun schlägt einen etwas andern Weg ein: der letzte (dritte) Satz sagt allerdings auch: Ein Parabelsegment ist $= \frac{4}{3}$ des einbeschriebenen Dreiecks von gleicher Basis und gleicher Höhe, aber er beweist diesen Satz direkt, nicht mit Anwendung der *Reductio ad absurdum*; dies kann er nämlich, weil er diese Methode, die eben von ihm so wenig wie von seinen Vorgängern und Nachfolgern, solange sie sich auf dem Boden der Euklidischen Geometrie bewegten, umgangen werden konnte, auf einen vorhergehenden Satz angewandt hatte, nämlich auf Satz 2: „Irgend zwei Segmente einer Parabel verhalten sich zueinander wie die zwei Dreiecke, die zu Grundlinien die Grundlinien der Segmente und zu Spitzen die Scheitel der Segmente haben". Sobald er diesen Satz bewiesen hatte, ergab sich ihm auf leichte Weise und direkt der Inhalt des Parabelsegmentes. In diesem Wege erblicke ich einen Vorzug vor dem des *Archimedes*.

Bei dieser Gelegenheit sei mir noch gestattet, kurz auf zwei andere Punkte zu sprechen zu kommen, die Herr *Wallner* in einer andern Abhandlung [2]) desselben Bandes der *Bibliotheca mathematica* behandelt und die mit den von *Archimedes* und den Arabern in ihren Quadraturen und Kubaturen befolgten Methoden in nächster Beziehung stehen. Er sagt (S. 250): „Deshalb möchte ich mich auf das entschiedenste gegen die vielverbreitete Ansicht aussprechen, dass das Beweisverfahren der Alten auf einer Verwendung des Grenzbegriffes beruhe", und S. 252: „Es ist dabei wohl zu beachten, dass dieser Begriff des Ausschöpfens (Exhaurire) vor *Gregorius* nirgends vorkommt, weshalb das Verfahren der Alten ganz mit Unrecht so häufig als Ex-

[1]) Bezw. $\frac{2}{3}$ des umbeschriebenen Parallelogramms.

[2]) „Über die Entstehung des Grenzbegriffes" (*Bibl. mathem.* 4₃, S. 246—259).

haustionsmethode bezeichnet wird." Was den ersten Punkt anbetrifft, so ergibt sich die Richtigkeit der Behauptung leicht aus der Betrachtung der oben gegebenen Übersetzung der Archimedischen Parabelquadratur; die Umgehung des Grenzbegriffes zeigt sich sehr deutlich in Satz 23, indem *Archimedes* keineswegs die Reihe $1 + \frac{1}{4} + \left(\frac{1}{4}\right)^2 + \left(\frac{1}{4}\right)^3 + \cdots$ in inf. summiert, sondern er nimmt eine endliche Zahl von Gliedern an und beweist dann, dass diese endliche Summe, vermehrt um den dritten Teil des letzten Gliedes, gleich $\frac{4}{3}$ des ersten Gliedes sei; darum braucht er dann eben im letzten Satze noch die *Reductio ad absurdum*. Was den zweiten Punkt anbelangt, so findet sich bei diesen alten Geometern, wo sie die Exhaustionsmethode anwendeu, in der Tat niemals ein vollständiges Ausschöpfen, d. h. ein solches, bei dem man auf einen unendlich kleinen Rest kommt [1]), sondern sie gehen nur so weit, bis der Rest kleiner als eine gegebene, kleine, endliche Grösse e wird, und deshalb brauchen sie dann eben wieder, um zu einem Resultate zu gelangen, einen indirekten Beweis und müssen auch das Resultat, das sie erhalten sollen, schon kennen. Aber man hat nun einmal dieser Methode den Namen „Exhaustionsmethode" gegeben und wird diesen wohl, wenn er auch dem eingeschlagenen Verfahren nicht ganz entspricht, nicht mehr aufgeben wollen.

Wir glauben also, durch diese Darlegungen unsere im Anfang des Kommentars ausgesprochene Behauptung, dass die Berechnung des Parabelinhaltes durch *Ibrāhīm b. Sinān* die kürzeste von allen sei, die uns seit den ältesten Zeiten bis zur Erfindung der Integralrechnung bekannt geworden sind, genügend bestätigt zu haben; ebenso deutlich wird auch dadurch die Richtigkeit unserer Ansicht beim Leser sich bekräftigen, dass diese Abhandlung auch in bezug auf die angewandte Methode in erste Linie gestellt zu werden verdient: gewiss ein schönes Zeugnis für die Schaffenskraft und den Erfindungsgeist der Mathematiker aus der Blütezeit der arabischen Kulturentwicklung!

---

[1]) Eben infolge des Mangels eines Grenzbegriffes.

Die Cykloide als Kurve gleicher Fallzeit.

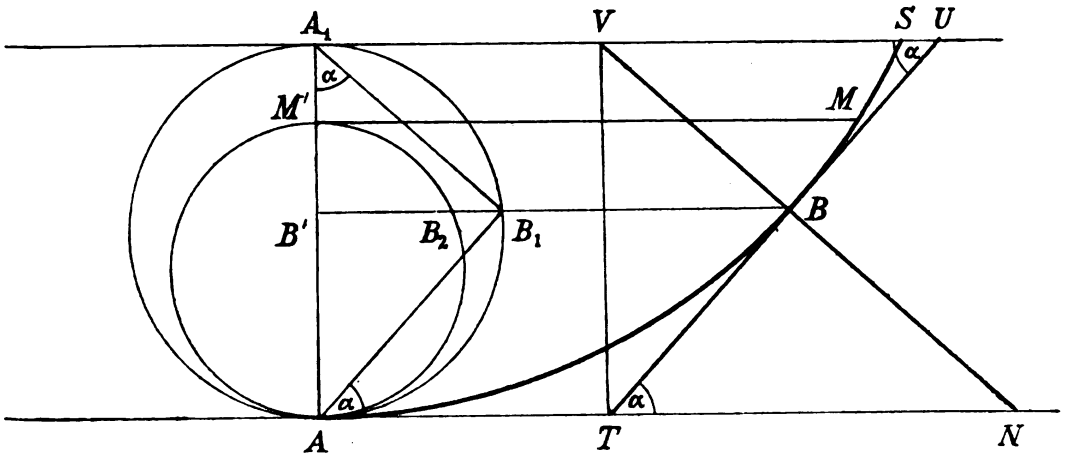
Von

A. Kiefer, Zürich.

(Als Manuskript eingegangen am 23. Januar 1918.)

Die Abbildung stellt eine halbe Cykloide AS dar, deren erzeugender Kreis den Durchmesser AA_1 hat; dieser Durchmesser, auf den die Axe der Cykloide fällt, sei vertikal nach oben gerichtet.

Ist B irgend ein Punkt der Cykloide, so ist das Stück BT seiner Tangente zwischen Berührungspunkt B und Scheiteltangente gleich und parallel der Kreissehne B_1A und das Stück BV der Normalen zwischen dem Fusspunkt B und der Spitzengeraden A_1S ist gleich und parallel der Kreissehne B_1A_1. Wenn man also die



Strecken BT und VB von ihren Anfangspunkten aus von einem materiellen Punkte frei durchfallen lässt, so sind die Fallzeiten einander gleich und konstant, wo auch B auf der Cykloide gewählt wird, nämlich gleich der Zeit, die zum freien Durchfallen der vertikalen Strecke A_1A nötig ist.[1])

[1]) Vierteljahrsschrift der Naturf. Ges. in Zürich, Jahrgang 62 (1917), S. 74.

Legt man an irgend einer Stelle M der Cykloide einen materiellen Punkt auf die Kurve und lässt ihn auf ihr frei herunterfallen, so braucht er, um die tiefste Stelle A zu erreichen, immer dieselbe Zeit, wo man M auf der Cykloide auch wählen mag. Diese, von Huygens gefundene Eigenschaft der Kurve, hat ihr den Namen Tautochrone verschafft und kann auf elementare Art nachgewiesen werden.

Wenn der von M auf der Cykloide herunterfallende Punkt die tiefer liegende Stelle B erreicht, so ist seine Geschwindigkeit $\sqrt{2g \cdot M'B'}$, wobei M', B' die Projektionen von M, B auf A_1A sind. Betrachtet man die Bewegung des Punktes B' auf A_1A, so ist die Geschwindigkeit von B' die Projektion der Geschwindigkeit von B auf A_1A, also gleich

$$\sqrt{2g \cdot M'B'} \cdot \sin \alpha = \sqrt{2g \cdot M'B'} \cdot \frac{AB_1}{2r},$$

wobei r der Radius des erzeugenden Kreises ist. Aber aus der Abbildung $AB_1 = \sqrt{2r \cdot AB'}$; also ist die Geschwindigkeit von B' gleich

$$\sqrt{2g \cdot M'B'} \cdot \frac{\sqrt{2r \cdot AB'}}{2r} = \sqrt{\frac{g}{r} \cdot M'B' \cdot AB'}.$$

Nun ist, wenn man noch den Kreis über $M'A$ als Durchmesser legt, und den Schnittpunkt von $B'B$ mit diesem Kreis B_2 nennt, $M'B' \cdot AB' = \overline{B'B_2}^2$. Also ist die Geschwindigkeit von B' gleich

$$\sqrt{\frac{g}{r}} \cdot B'B_2.$$

Die Geschwindigkeit des Punktes B' ist immer proportional der Kreisordinate $B'B_2$, d. h. der Punkt B' führt auf $M'A$ eine schwingende Bewegung und der Punkt B_2 auf dem Kreis über $M'A$ eine gleichförmige Bewegung aus. Die konstante Geschwindigkeit dieser gleichförmigen Bewegung ist gleich der Geschwindigkeit von B' in der Mitte von $M'A$, also gleich

$$\sqrt{\frac{g}{r}} \cdot \frac{M'A}{2}.$$

Somit ist die Zeit, welche der fallende Punkt braucht, um von M nach A zu gelangen, gleich der Zeit, die zum gleichförmigen Durchlaufen des Halbkreises über $M'A$ mit der Geschwindigkeit $\sqrt{\frac{g}{r}} \cdot \frac{M'A}{2}$ nötig ist. Das gibt

$$\frac{M'A}{2} \pi : \sqrt{\frac{g}{r}} \cdot \frac{M'A}{2} = \pi \sqrt{\frac{r}{g}}, \text{ d. h.}$$

Lässt man von irgend einer Stelle M einer Cykloide aus einen materiellen Punkt frei auf der Cykloide herunterfallen, so führt die Projektion B' des fallenden Punktes auf A_1A eine schwingende Bewegung und der Punkt B_2 auf dem Kreis über $M'A$ als Durchmesser eine gleichförmige Bewegung mit der Geschwindigkeit $\sqrt{\frac{g}{r}} \cdot \frac{M'A}{2}$ aus; der fallende Punkt braucht, um die tiefste Stelle A der Cykloide zu erreichen, immer dieselbe Zeit, gleichgültig, von welcher Stelle der Cykloide aus er seine Bewegung beginnt, nämlich $\pi\sqrt{\frac{r}{g}}$.

Die konstante Zentripetalbeschleunigung für die gleichförmige Bewegung des Punktes B_2 auf dem Kreis über $M'A$ ist $\frac{g}{r} \cdot \frac{M'A}{2}$; die Beschleunigung des Punktes B' auf $M'A$ ist $\frac{g}{r}\left(\frac{AB'}{2} - \frac{M'B'}{2}\right)$. Man kann diese Beschleunigung auch direkt aus der Bewegung auf der Cykloide finden. Zerlegt man im Punkte B die Erdbeschleunigung tangential und normal zur Bewegungsrichtung BT, so geht die Normalkomponente verloren; die Beschleunigung von B' ist gleich der Differenz der Projektionen der Tangentialbeschleunigung und der Zentripetalbeschleunigung der Cykloidenbewegung auf $M'A$. Diese Zentripetalbeschleunigung ist $2g \cdot M'B' : 2A_1B_1$, weil der Krümmungsradius in B gleich $2A_1B_1$ ist. Also ist die Beschleunigung von B'

$$g\sin^2\alpha - g\frac{M'B'}{A_1B_1}\cos\alpha = g\frac{\overline{AB_1}^2}{4r^2} - g\frac{M'B'}{A_1B_1}\cdot\frac{A_1B_1}{2r} =$$

$$g\cdot\frac{2r\cdot AB'}{4r^2} - g\frac{M'B'}{2r} = \frac{g}{r}\left(\frac{AB'}{2} - \frac{M'B'}{2}\right), \text{ wie oben.}$$

Der aufgestellte Satz liefert ohne weiteres einige Folgerungen.

Die Zeit, welche der fallende Punkt braucht, um den Cykloidenbogen MB zu durchfallen, ist gleich dem Kreisbogen $M'B_2$, dividiert durch $\sqrt{\frac{g}{r}} \cdot \frac{M'A}{2}$. Die Zeit, welche der fallende Punkt auf der Cykloide braucht, um in vertikaler Richtung die Hälfte der ganzen Fallhöhe $M'A$ zu durchfallen, ist die Hälfte der ganzen Fallzeit. Wählt man auf der Cykloide unterhalb M zwei Punkte, so dass der Abstand des einen von $M'M$ und der Abstand des andern von der Scheiteltangente einander gleich sind, so ist die Summe der Fallzeiten für die zwei Cykloidenbogen, von M bis zu

jedem der zwei Punkte gemessen, konstant. Wählt man auf der Cykloide unterhalb M beliebig viele Punkte, zu denen, von M aus gerechnet, Fallzeiten mit gleichen Differenzen gehören, so liegen die entsprechenden Punkte auf dem Kreis über $M'A$ in gleichen Bogenabständen. Sucht man unterhalb M den Punkt B auf der Cykloide, so dass zum Durchfallen des Bogens MB eine gegebene Zeit nötig ist, so sucht man den entsprechenden Punkt auf dem Kreis über $M'A$ und geht horizontal zur Cykloide hinüber. Ist auf dem Cykloidenbogen MB ein Zwischenpunkt P gesucht, so dass die zu MP gehörige Fallzeit einen gewissen Teil, zum Beispiel $\frac{m}{n}$ der zu MB gehörigen Zeit ist, so schneidet man vom Kreisbogen $M'B_2$ den gleichvielten Teil, $\frac{m}{n}$, ab und zieht durch den Teilpunkt die Horizontale bis zur Cykloide. Ist auf der Cykloide der Punkt B gewählt und sucht man M, so dass zum Durchfallen von MB eine gegebene Zeit t nötig ist, so sucht man B_2 zu B', dann den Kreis AB_2M' und zu M' den Punkt M; man hat nämlich $\sphericalangle B'AB_2 : 90° = t : \pi \sqrt{\frac{r}{g}}$. Wollte man den Punkt von M aus mit einer gegebenen Anfangsgeschwindigkeit v fallen lassen, so könnte man die Bewegung von einer höher gelegenen Stelle M^* aus beginnen lassen, so dass der fallende Punkt in M mit der Geschwindigkeit v ankäme; es müsste $M^*M' = \frac{v^2}{2g}$ gewählt werden. Lässt man von verschiedenen Stellen der Cykloide Punkte auf ihr fallen, so verhalten sich die konstanten Geschwindigkeiten und Zentripetalbeschleunigungen auf den zugehörigen Kreisen wie ihre Durchmesser, und sucht man zu den Cykloidenpunkten, die nach Verfluss gleicher Zeiten erreicht werden, die entsprechenden Punkte auf den Kreisen, so liegen diese Punkte auf einer Geraden durch A. Streckt man den Cykloidenbogen AM auf die Scheiteltangente von A aus und trägt im Endpunkte die der konstanten Geschwindigkeit auf dem zugehörigen Kreis proportionale Strecke AM' als Ordinate auf, so liegen die Endpunkte auf einer Parabel; denn der Cykloidenbogen AM ist gleich $2AM_1$ und $\overline{AM_1}^2 = 2r \cdot AM'$. Wickelt man eine Cykloide auf der Scheiteltangente oder einer beliebigen Tangente ab, und trägt im jeweiligen Berührungspunkt den Krümmungsradius als Ordinate auf, so kommen die Krümmungsmittelpunkte auf einen Kreis

zu liegen; denn das rechtwinklige Dreieck AB_1A_1 besitzt konstante Hypotenuse. Denkt man sich alle möglichen Cykloiden mit horizontaler Scheiteltangente und mit dem Scheitelpunkt A, und lässt auf jeder einen Punkt aus gleicher Höhe, von der Scheiteltangente aus gemessen, herunterfallen, so verhalten sich die konstanten Geschwindigkeiten auf dem gemeinsamen Kreis über $M'A$ wie die Quadratwurzeln aus den reziproken Radien der die Cykloiden erzeugenden Kreise. Lässt man auf zwei dieser Cykloiden Punkte aus Höhen fallen, die sich wie die Quadratwurzeln aus den Radien der erzeugenden Kreise verhalten, so sind die Geschwindigkeiten auf den zwei zugehörigen Kreisen über $M'A$ gleich gross. —

Aus der Abb. folgt

$$BN = BT \operatorname{tg}\alpha = B_1A \operatorname{tg}\alpha = 2r \sin\alpha \operatorname{tg}\alpha,$$

$$UB = VB \operatorname{cotg}\alpha = A_1B_1 \operatorname{cotg}\alpha = 2r \cos\alpha \operatorname{cotg}\alpha.$$

Lässt man die Strecken BN und UB von ihren Anfangspunkten aus von einem materiellen Punkt frei durchfallen und bezeichnet die zugehörigen Fallzeiten mit t_1 und t_2, so ist

$$BN = 2r \sin\alpha \operatorname{tg}\alpha = \frac{g \cos\alpha}{2} t_1^2,$$

$$UB = 2r \cos\alpha \operatorname{cotg}\alpha = \frac{g \sin\alpha}{2} t_2^2.$$

Also
$$\frac{\overline{BN}^2}{t_1^4} + \frac{\overline{UB}^2}{t_2^4} = \frac{g^2}{4},$$

$$t_1 \cdot \operatorname{cotg}\alpha = 2\sqrt{\frac{r}{g}},$$

$$t_2 \cdot \operatorname{tg}\alpha = 2\sqrt{\frac{r}{g}},$$

$$t_1 \cdot t_2 = 4\frac{r}{g}, \text{ d. h.}$$

Lässt man bei irgend einem Punkt B der Cykloide das Normalenstück BN zwischen Fusspunkt und Scheiteltangente und das Tangentenstück UB zwischen Spitzengerade und Berührungspunkt von einem materiellen Punkt frei durchfallen, so bleibt $\frac{\overline{BN}^2}{t_1^4} + \frac{\overline{UB}^2}{t_2^4}$ konstant, gleich $\frac{g^2}{4}$; ferner bleibt für jede dieser Strecken das Produkt aus der Fallzeit mal

der tg des Neigungswinkels der betreffenden Strecke konstant und für beide Strecken gleich gross, gleich $2\sqrt{\frac{r}{g}}$, und ferner bleibt auch das Produkt der beiden Fallzeiten, die zwei zusammengehörenden Strecken entsprechen, konstant, gleich $4\frac{r}{g}$.

Es bleibt ferner konstant

$$VU \cdot TN = 2r \operatorname{cotg} \alpha \cdot 2r \operatorname{tg} \alpha = 4r^2, \text{ daher auch}$$

$$\overline{VU}^2 + \overline{TN}^2 - \overline{UN}^2 = 4r^2; \text{ ebenso}$$

$$\frac{4r^2}{\overline{UT}^2} + \frac{4r^2}{\overline{NV}^2} = 1.$$

Bezeichnet man den Inhalt des Viereckes $TNUV$ mit I, so ist $I^2 = r^2 (VU + TN)^2$ und es bleibt konstant

$$I^2 - r^2 \overline{UN}^2 = 12r^4.$$

Eingangs ist der Umstand benützt worden, dass bei einem Kreis mit dem vertikalen Durchmesser A_1A alle Sehnen, die von A_1 ausgehen und ebenso alle Sehnen, die nach A laufen, in gleicher Zeit frei durchfallen werden. Diese Kreiseigenschaft gibt zu folgender Fragestellung Anlass:

In einer vertikalen Ebene zieht man durch einen Punkt A_1 alle möglichen Geraden uud lässt gleichzeitig auf jeder von A_1 aus einen Punkt mit der gegebenen Anfangsgeschwindigkeit $\pm c$ sich unter dem Einfluss der Erdbeschleunigung bewegen. Welches ist der geometrische Ort der beweglichen Punkte nach Verfluss einer gegebenen Zeit t?

Bezeichnet man den Neigungswinkel einer der Geraden mit α, so ist die auf der Geraden in der Zeit t durchlaufene Strecke

$$s = \pm ct + \frac{g \sin \alpha}{2} t^2.$$

Man lege die vertikal nach unten gerichtete Strecke $A_1A = \frac{g}{2} t^2$ und über ihr als Durchmesser den Kreis; dann ist $\frac{g \sin \alpha}{2} t^2 = A_1A \sin \alpha$ die Kreissehne, die auf der gewählten Geraden liegt. Man hat, um den beweglichen Punkt auf der Geraden zu finden, die Sehne von ihrem Endpunkte aus um ct zu verlängern oder zu verkürzen, d. h.

Der gewünschte geometrische Ort der beweglichen Punkte ist eine Konchoide, welche A_1 zum Doppelpunkt und den Kreis über $A_1A = \frac{g}{2} t^2$ zur Basis hat.

In dem Falle, wo $ct = \frac{g}{2} t^2$, $c = \frac{g}{2} t$ gewählt ist, wird die Konchoide zur Kardioide.

Legt man in den Kreis über A_1A die Sehnen, die nach dem tiefsten Punkte A laufen und lässt gleichzeitig auf jeder vom obern Endpunkte aus einen Punkt mit der Anfangsgeschwindigkeit $\pm c$ fallen, so ist der geometrische Ort der beweglichen Punkte auf den Geraden, welche die Sehnen enthalten, nach Verfluss einer gegebenen Zeit t, ein Kreis mit dem Mittelpunkt A und dem Radius ct.

Esquisse d'une nouvelle théorie de la population.

Par

L.-G. Du Pasquier, à Neuchâtel.

(Als Manuskript eingegangen am 9. Februar 1918.)

Sommaire. **1]** à **5]**: Intensité de variation, taux instantané et fonctions d'intensité. **6]**: Interpolation et extrapolation. Fig. 1. — **7]**: Les principales théories émises jusqu'ici. Fig. 2. — **8]** à **12]**: Nouvelle théorie. Fig. 3. — **13]**: Autre formule. **14]** à **16]**: Erreur de la méthode habituelle des statistiques mortuaires. Esquisse d'une future théorie de la population.

1] Les théories de la population sont nombreuses et diverses suivant le point de vue de leurs auteurs. Laissant de côté les théories sociales, ethnographiques et biologiques, nous envisagerons ici la question au point de vue mathématique qui est purement formel: la population est considérée comme une masse variable avec le temps; il s'agit d'étudier les variations de cette masse. A ce point de vue, on a émis jusqu'ici 4 théories principales que l'on peut caractériser par les noms de *Halley, de Moivre, Euler* et *Verhulst.* Nous exposerons une théorie générale les comprenant comme cas particuliers et permettant de développer des méthodes nouvelles.

Pour ériger une théorie générale, il faut saisir l'élément caractéristique permettant de mesurer de la façon la mieux appropriée les variations de la masse en question. — Envisageons une population constituée par un nombre très grand de personnes et supposons, pour fixer les idées, que ce nombre aille en augmentant, autrement dit: que le nombre des naissances plus celui des immigrés soit supérieur au nombre des décès augmenté de celui des émigrations. Pour mesurer l'intensité de variation de cet ensemble, il faut tenir compte de trois éléments, savoir:

1) le nombre des personnes observées faisant partie du groupe envisagé à l'instant t; désignons ce nombre par $P(t)$, où l'initiale P rappelle le mot de „population" et t le temps;
2) le nombre des nouveaux venus dont s'augmente le groupe en question, soit par suite de naissances, soit par immigration. Désignons par ΔP cette augmentation de l'effectif;

3) l'intervalle de temps pendant lequel se produit l'augmentation d'effectif ΔP; soit Δt ce laps de temps.

Il est naturel de raisonner ensuite ainsi: L'intensité de variation pendant l'intervalle de temps Δt sera, *ceteris paribus,*

1° d'autant plus grande que l'augmentation de l'effectif, ΔP, sera plus considérable. Nous poserons donc cette intensité de variation proportionnelle à ΔP, p. ex. égale à $c \cdot \Delta P$;

2° d'autant plus forte que le groupe où elle se produit sera plus petit; nous la poserons donc inversement proportionnelle à P, d'où l'expression $c \cdot \frac{\Delta P}{P}$. En effet: Comparez une société S_1 à une autre S_2 qui soit r fois plus petite, $S_1 = r \cdot S_2$. Supposons qu'au sein de ces deux groupes, il se produise pendant le même laps de temps le même nombre de naissances. On trouvera naturel de conclure: la natalité est r fois plus forte dans S_2, puisque cette société arrive au même chiffre de naissances pendant le même espace de temps, bien que r fois moindre en effectif;

3° d'autant plus forte que Δt sera plus petit. Nous la poserons donc inversement proportionnelle à Δt, d'où l'expression $c \cdot \frac{\Delta P}{P \cdot \Delta t}$. En effet: supposons que dans deux ensembles E_1 et E_2, de même effectif cette fois: $E_1 = E_2$, on compte 10 000 naissances, mais qu'elles se produisent pour E_1 dans l'espace d'un mois, pour E_2 dans l'espace d'un trimestre. On trouvera naturel de conclure: la natalité est trois fois plus forte dans E_1, puisqu'avec le même effectif, il lui faut 3 fois moins de temps pour arriver au même résultat numérique.

En résumé, l'expression $c \cdot \frac{\Delta P}{P \cdot \Delta t}$ est bien appropriée pour exprimer *l'intensité moyenne de variation* pendant l'intervalle de temps Δt. Le plus simple est de poser le facteur de proportionnalité $c = 1$. Par définition, „l'intensité moyenne de variation pendant le temps Δt" est le nombre

$$\frac{\Delta P}{P \cdot \Delta t} \qquad (\alpha)$$

2] Pour obtenir l'intensité de variation à l'instant t même, nous ferons converger Δt vers zéro, symbole: $\Delta t \to 0$. La variation de l'effectif, ΔP, devenant alors de plus en plus petite, tend également vers zéro: $\Delta P \to 0$. C'est ici qu'il faut faire intervenir l'hypothèse de la *continuité des faits démographiques;* en d'autres termes: il faut admettre que le nombre des personnes constituant un groupe suffisam-

ment nombreux varie d'une manière continue avec le temps. En approfondissant les phénomènes, on voit que malgré l'apparence contraire, cette hypothèse de continuité qui introduit des nombres fractionnaires de personnes vivantes, n'est nullement en contradiction formelle avec les faits expérimentaux.

En même temps que Δt et ΔP, l'expression (α) devient une quantité *variable*. Il se trouve que quand Δt et par suite ΔP convergent vers zéro, l'intensité moyenne de variation donnée par (α) tend, en général, vers une certaine limite finie et déterminée que nous désignerons par $\sigma(t)$ et que nous appellerons, par définition[1]), *l'intensité de variation à l'instant t,* formule:

$$\sigma(t) \equiv \lim_{\Delta t \to 0} \left(\frac{\Delta P}{P \cdot \Delta t}\right) = \frac{dP}{P \cdot dt} = \frac{1}{P} \cdot \frac{dP}{dt} = \frac{P'}{P} \qquad (1)$$

où nous avons fait usage des notations usitées dans le calcul différentiel. On voit que cette limite n'est autre chose que la dérivée logarithmique de l'effectif $P(t)$ par rapport au temps t. *A chaque instant, l'intensité de variation est égale à la dérivée logarithmique de l'effectif P par rapport au temps t.*

3] Par des considérations tout analogues à celles développées ci-dessus, on définit des intensités spéciales de variation; on les appelle *fonctions d'intensité;* les plus importantes sont:

1) l'intensité de *natalité:* $\nu(t)$,
2) l'intensité de *mortalité:* $\mu(t)$,
3) l'intensité d'*immigration*: $\iota(t)$,
4) l'intensité d'*émigration*: $\varepsilon(t)$.

Dans la théorie de la population, l'intensité de variation $\sigma(t)$ est la résultante de ces 4 composantes: natalité, mortalité, immigration, émigration; la variation de l'effectif dépend en effet directement de ces 4 facteurs.

4] On arrive à la même notion, chose remarquable, en partant de la théorie des probabilités mathématiques, du moins en ce qui concerne les causes de diminution de l'effectif. Pour fixer les idées, envisageons la probabilité mathématique de décès, faisant les hypothèses nécessaires. En général, soit ${}_nq_x$ la probabilité pour un homme d'âge x de mourir pendant les n premières années. On connait des

[1]) Le signe $\equiv$ (doublement égal) signifie «égal par définition» ou «identiquement égal», suivant que l'égalité résulte d'une définition, ou d'opérations algébriques. Nous faisons ainsi la différence d'avec $\equiv$ qui indique la congruence ou l'équivalence de nombres.

méthodes permettant de déterminer

$$\cdots\cdots {}_5q_x,\quad {}_3q_x,\quad {}_2q_x,\quad {}_1q_x,\quad {}_{\frac{1}{4}}q_x,\quad {}_{\frac{1}{12}}q_x,\ \cdots\cdots\cdots$$

pour tout âge x donné d'avance. La probabilité mathématique de décès ${}_nq_x$, pour un même âge x supposé fixe, augmente avec n et finit par atteindre son maximum 1 si l'on prend n suffisamment grand, puisque tout le monde finit par succomber à la mort. Inversement, x étant supposé fixe, on voit que $\lim_{n \to 0} ({}_nq_x) = 0$. Formons le rapport $\frac{{}_nq_x}{n}$. Envisageons l'âge x, d'ailleurs arbitraire, comme fixe et n comme une variable tendant vers zéro. Le rapport en question convergera, en général, vers une limite finie et déterminée que l'on appelle *le taux instantané de mortalité* à l'âge x et qu'on désigne par μ_x. On démontre la relation remarquable que *numériquement, le taux instantané de mortalité est égal à l'intensité de mortalité correspondant au même âge*

$$\operatorname*{Lim}_{n \to 0} \left(\frac{{}_nq_x}{n}\right) \equiv \mu_x = \operatorname*{Lim}_{\Delta t \to 0} \left(\frac{\Delta l_t}{l_t \cdot \Delta t}\right) \equiv \mu(t),$$

où l_t désigne le nombre des personnes d'âge t et Δl_t le nombre des décès survenant, pendant le temps Δt, dans les rangs de ces l_t personnes.

Cette égalité importante et les autres analogues sont une des raisons qui font jouer aux fonctions d'intensité un rôle prépondérant.

5] La cause principale de la grande importance des fonctions d'intensité réside dans leur propriété fondamentale: *chacune est numériquement indépendante des autres facteurs de variation.* Tel n'est en général pas le cas des fonctions biométriques. Ainsi, le taux annuel de décès: ${}_1q_x$ (que l'on abrège habituellement en q_x), l'âge x étant supposé donné et *fixe*, est loin de conserver la même valeur s'il y a immigration ou non; il prend encore une autre valeur suivant qu'il y a émigration ou non; il prend une troisième valeur, s'il y a à la fois émigration et immigration, et ainsi de suite; de plus, ces diverses valeurs de q_x, pour le même âge x bien entendu, ne sont pas dans un rapport simple. — L'analogue a lieu pour d'autres fonctions biométriques. Par contre, toutes les fonctions d'intensité jouissent de cette particularité de conserver la même valeur numérique, même quand d'autres facteurs de variation s'introduisent en nombre quelconque, pourvu que les variations soient continues avec le temps. — Cette propriété fondamentale permet d'écrire immédiatement la résultante mentionnée ci-dessus: *L'intensité de variation résultante est égale*

à la somme algébrique des intensités composantes. Appliqué au cas particulier qui nous occupe, ce théorème se traduit par la formule:

$$\sigma(t) = \nu(t) - \mu(t) + \iota(t) - \varepsilon(t). \qquad (2)$$

Une intensité de variation positive indique l'augmentation, une intensité de variation négative la diminution du nombre des habitants. Le *signe* du taux instantané indique donc la nature de la variation, tandis que sa *valeur absolue* en mesure la rapidité. Ajoutons que malgré la définition abstraite du taux instantané de mortalité et des autres fonctions d'intensité, on a développé des méthodes permettant d'en déterminer la valeur numérique avec une approximation satisfaisante, méthodes basées sur l'observation directe, c'est à dire sur les registres de l'état-civil, les registres mortuaires, les registres de migration et les résultats de recensements.

6] Supposons que l'effectif numérique d'un groupe, par exemple la population d'un pays, soit recensé périodiquement à intervalles égaux ou inégaux. Pour fixer les idées, admettons qu'on connaisse les résultats de 7 recensements consécutifs, soit $P(z)$, $P(z+12)$, $P(z+18)$, $P(z+28)$, $P(z+38)$, $P(z+50)$, $P(z+60)$. Dans la représentation graphique (v. fig. 1) au moyen d'un système d'axes rec-

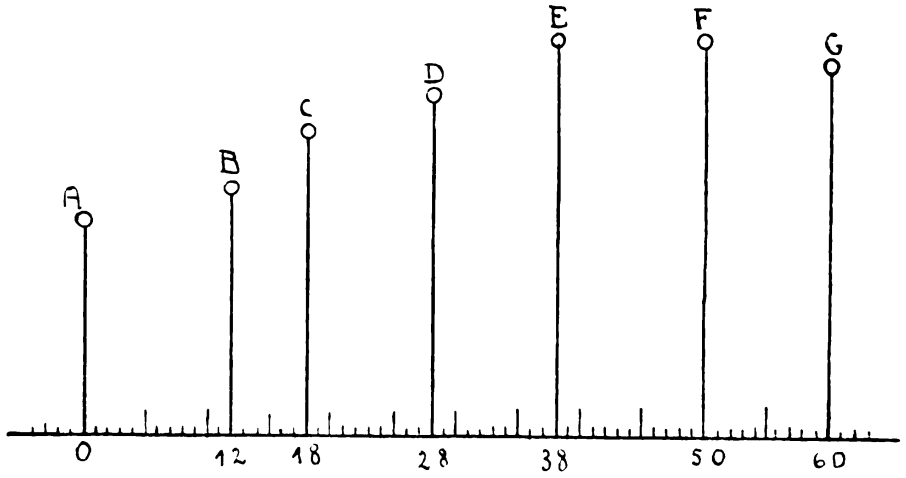


Fig. 1.

tangulaires, portons le temps, t, en abscisse et le chiffre de la population, $P(t)$, en ordonnée; on connaitra par observation directe les points A, B, C, D, E, F, G. Pour beaucoup de questions, il est nécessaire de savoir, ou de supputer, l'effectif de la population à des

instants intermédiaires entre deux recensements, p. ex. de connaître $P(z+1)$, $P(z+2)$, $P(z+3)$, etc. C'est le problème de *l'interpolation*. Pour d'autres questions, il est utile de connaître l'effectif futur; c'est le problème de l'*extrapolation*. La théorie mathématique de la population fournit entre autres la solution de ces deux problèmes.

7] Avant d'exposer la nouvelle théorie, commençons par montrer que la considération du taux instantané de variation, $\sigma(t)$, conduit, comme cas particulier, aux 4 principales théories mathématiques émises jusqu'à ce jour. Cela fera ressortir l'importance des fonctions d'intensité.

I. Supposons l'intensité de variation nulle. L'équation différentielle $\sigma(t) \equiv \frac{1}{P} \cdot \frac{dP}{dt} = 0$ donne $P =$ constante. C'est la théorie de la *population stationnaire* due au célèbre astronome *Edmond Halley*. Nous la citons à cause de son grand intérêt historique et du rôle considérable qu'elle a joué dans la construction des tables de mortalité. Il va de soi que cette théorie n'est exacte que dans des cas exceptionnels et pour des durées relativement courtes.

II. Supposons le taux instantané de variation inversement proportionnel à la population, $\sigma(t) = \frac{c}{P(t)}$. Cette hypothèse assez plausible donne l'équation différentielle $\frac{1}{P} \cdot \frac{dP}{dt} = \frac{c}{P}$ dont l'intégrale générale est

$$P(t) = P_0 + c \cdot t \tag{3}$$

C'est l'hypothèse de *de Moivre* qui dit: „Partant de l'effectif P_0, la population varie en progression arithmétique avec le temps." Les 2 constantes de la formule, P_0 et c, permettent de l'adapter aux effectifs croissants aussi bien que décroissants. C'est la plus simple des formules d'interpolation. La courbe $y = P_0 + c \cdot t$ se réduisant à une droite, la théorie de de Moivre revient, au point de vue graphique, à remplacer par le polygone inscrit $ABCDEFG\ldots$ la courbe inconnue $y = P(t)$ devant passer par les points A, B, C, D, E, F, G, etc. (v. fig. 1). La formule de de Moivre n'est pas très appropriée pour l'extrapolation; même après ajustement des constantes, elle donne des résultats douteux dès que l'extrapolation dépasse 10 à 20 ans, et fantaisistes pour des extrapolations à longue échéance. C'est qu'en réalité, c est variable avec le temps, contrairement à l'hypothèse.

III. Supposons l'intensité de variation constante, $\sigma(t) = c$. L'équation différentielle $\frac{1}{P} \cdot \frac{dP}{dt} = c$ donne $lP = c \cdot t + A$, où l désigne le

logarithme naturel. On tire de là:

$$P(t) = P_0 \cdot e^{ct} \equiv P_0 \cdot r^t \qquad (4)$$

C'est l'hypothèse d'*Euler* qui dit: „partant de l'effectif initial P_0, la population varie suivant les termes d'une progression géométrique quand le temps augmente en progression arithmétique." Les deux constantes de la formule, P_0 et r, permettent de l'adapter aux effectifs croissants ($r > 1$) aussi bien que décroissants ($r < 1$). Dans les calculs des statisticiens, c'est la plus usitée des formules d'interpolation. La courbe $y = P_0 \cdot r^t$ étant une exponentielle, l'interpolation eulérienne revient, au point de vue graphique, à substituer à la courbe inconnue $y = P(t)$ devant passer par les points $A, B, C, D, E, F, G, \ldots\ldots$ de la figure 1, une série d'arcs d'exponentielles déterminés chacun par deux points. — Quand il s'agit d'extrapolation, la formule eulérienne, après ajustement des constantes, ne convient que pour des périodes assez courtes ne dépassant guère une trentaine d'années. C'est qu'en réalité, „le facteur de variation", r, au lieu de rester constant, varie avec le temps, contrairement à l'hypothèse.

IV. Une quatrième théorie est due au Belge *François-Pierre Verhulst,* mort en 1849. On retrouve la théorie verhulstienne en posant le taux instantané de variation $\sigma(t) = c \cdot \{m - P(t)\}$, où c et m sont deux constantes positives; m étant un certain maximum vers lequel tend, asymptotiquement, l'effectif $P(t)$ de la population, on voit que l'intensité de variation diminue proportionnellement à la différence $m - P(t)$ et converge vers zéro. La population tend donc vers l'état stationnaire. Cette hypothèse conduit à l'équation différentielle $\frac{1}{P} \cdot \frac{dP}{dt} = c \cdot (m - P)$ facile à intégrer. Prenant comme condition initiale qu'à l'instant $t = 0$, l'effectif doit être P_0, on trouve comme intégrale particulière la formule donnée par *Verhulst*:

$$P(t) = P_0 \cdot \frac{m \cdot e^{mct}}{P_0 \cdot e^{mct} + m - P_0} \qquad (5)$$

Les 3 constantes qu'elle renferme: P_0, m, c, permettent d'utiliser cette *formule de Verhulst* pour l'interpolation et surtout pour l'extrapolation à longue échéance. Elle a cependant le désavantage de fournir des équations transcendantes pour la détermination des constantes, mais surtout celui d'*être applicable exclusivement à des groupes ayant la tendance à augmenter numériquement.* En effet, la fonction

$$y = f(t) \equiv P_0 \cdot \frac{m \cdot e^{mct}}{P_0 \cdot e^{mct} + m - P_0} \qquad (v)$$

est à croissance monotone. Rapportée à un système d'axes cartésiens (v. fig. 2), cette fonction est représentée par une courbe que nous

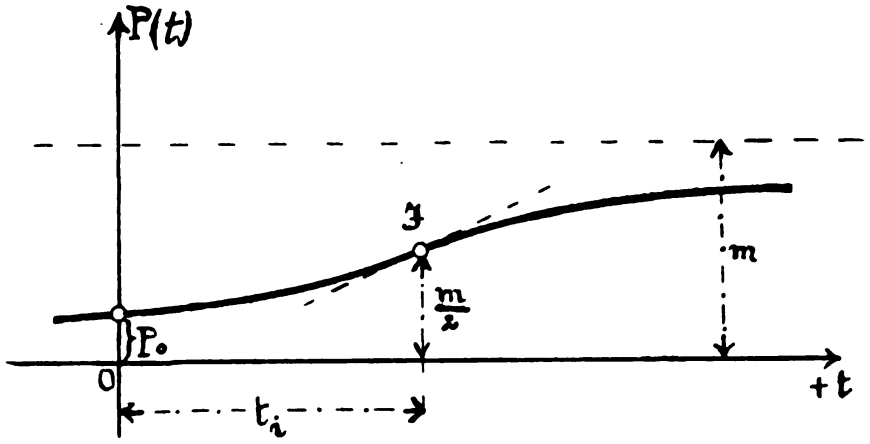


Fig. 2.

appelons „courbe (v)" comprise entièrement entre deux asymptotes parallèles, distantes l'une de l'autre de m unités, courbe possédant un point d'inflexion J qui en est en même temps un centre situé à mi-hauteur entre les asymptotes et dont les coordonnées sont, si l'on désigne par l un logarithme naturel:

$$t_i = \frac{1}{cm} \cdot l \frac{m - P_0}{P_0}; \quad y_i = \frac{m}{2};$$

au point de vue graphique, l'hypothèse verhulstienne revient à substituer, pour les besoins de l'interpolation, à la courbe inconnue $y = P(t)$ devant passer par les points $A, B, C, D, E, F, G, \ldots$. de la figure 1 une série d'arcs empruntés à des courbes (v), déterminés chacun par 3 points. Si l'on admet les hypothèses de *Verhulst* et qu'on les applique à l'humanité entière, cette théorie nous prédit une marche vers un état stationnaire résultant d'un certain équilibre entre la société humaine et la Terre qu'elle habite, état où le nombre total des êtres humains ne subirait plus que des écarts accidentels, des oscillations dues en quelque sorte au hasard.

8] La théorie de *Verhulst* est inapplicable à des groupes dont l'effectif va en diminuant ou reste stationnaire. On peut éviter cet inconvénient en raisonnant comme suit:

1° Supposons le taux instantané de variation inversement proportionnel à la population, hypothèse très plausible, puisque les obstacles à la multiplication des vivants augmentent avec le

nombre des habitants. Cette hypothèse se traduit par la formule $\sigma(t) = \frac{c}{P(t)}$, où c désigne une constante positive.

2° Supposons qu'au cours du développement surgissent des facteurs nouveaux qui ralentissent encore l'augmentation, si bien que le taux instantané de variation $\sigma(t)$ converge vers zéro, puis finisse par devenir négatif, à partir d'un moment déterminé que nous désignons par b. Pour traduire cette seconde hypothèse en formules, il faut poser $\sigma(t)$ proportionnel à $(b - t)$, de sorte qu'il vient: $\sigma(t) = \frac{c}{P(t)}(b - t)$.

3° Admettons enfin que le groupe en question tende vers un état d'équilibre caractérisé par un effectif stationnaire que nous désignons par m. C'est une nouvelle constante à notre disposition. A mesure que le nombre des habitants converge vers cet effectif final m, l'intensité de variation diminuera. Supposons-la proportionnelle au carré de la différence $[P(t) - m]$. Nous prenons le carré, au lieu de la différence elle-même, pour être certain que $\sigma(t)$ changera de signe dès que $t > b$, quand bien même $P(t)$ oscillerait de part et d'autre de sa limite finale m. Ces trois hypothèses nous amènent donc à poser pour le taux instantané de variation:

$$\sigma(t) = \frac{c}{P(t)}(b - t)\,[P(t) - m]^2 = \frac{c}{P}(b - t)\,(P - m)^2 \qquad (6)$$

d'où l'équation différentielle

$$\frac{1}{P} \cdot \frac{dP}{dt} = \frac{c}{P}(b - t)\,(P - m)^2.$$

Son intégrale générale est $P(t) = m + \frac{1}{A' - bct + \frac{1}{2}ct^2}$, où A' représente la constante d'intégration. Ecrivons pour le facteur de proportionnalité $\frac{2}{c}$ au lieu de c et pour la constante d'intégration $\frac{A}{c}$ au lieu de A'. Il vient

$$P(t) = m + \frac{c}{t^2 - 2bt + A}.$$

9] Cette formule ne convient que si elle fournit pour l'effectif de la population des valeurs toujours finies. Il faut donc que le discriminant du dénominateur soit négatif, en d'autres termes: que $b^2 < A$. On est ainsi amené à poser $A = b^2 + a^2$, remplaçant la con-

stante A par une nouvelle constante a. On obtient alors

$$P(t) = m + \frac{c}{t^2 - 2bt + b^2 + a^2} \equiv m + \frac{c}{a^2 + (b-t)^2} \qquad (g)$$

Les constantes a, b, c, m étant positives et le discriminant du dénominateur, $-a^2$, négatif, les valeurs de $P(t)$ seront finies et positives. En voici d'ailleurs la variation: Partant de l'effectif $P(0) = m + \frac{c}{a^2+b^2}$, la population augmente jusqu'à l'instant $t = b$ où elle atteint son maximum $m + \frac{c}{a^2}$. Puis elle décroît en nombre et tend asymptotiquement vers l'effectif stationnaire m.

10] La courbe d'équation $y = P(t)$, rapportée à un système d'axes rectangulaires, a l'allure représentée par la figure 3. Elle possède

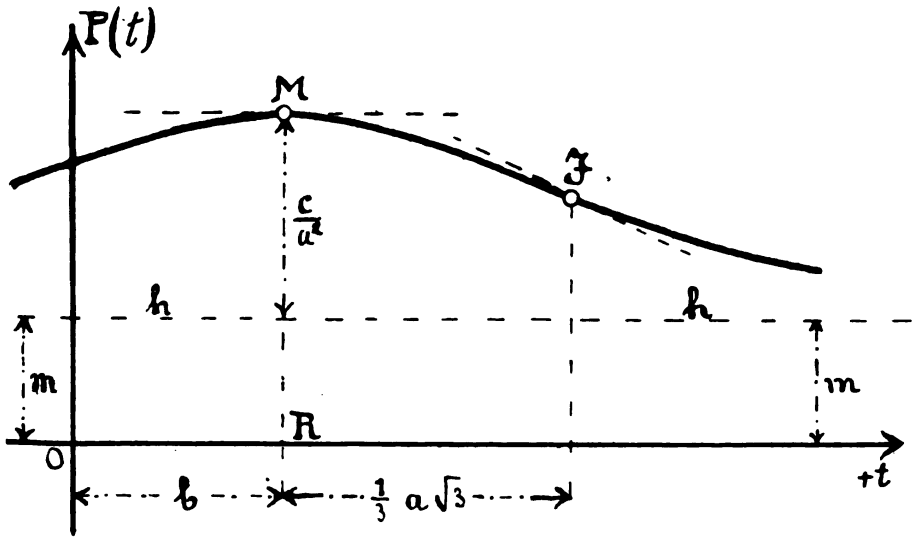


Fig. 3.

un maximum au point M, une asymptote h parallèle à l'axe des temps, un axe de symmétrie MR et deux points d'inflexion J, réels, correspondant aux abscisses $t = b \pm \frac{1}{3} a\sqrt{3}$. Nous l'appellerons „une courbe (g)". Les 4 constantes a, b, c et m de la formule (g) permettent de l'adapter aussi bien aux effectifs croissants qu'aux effectifs décroissants. Posant $c = 0$, on retrouve même la théorie de la population stationnaire. Au point de vue graphique, l'hypothèse développée ci-dessus à l'article **8]** revient à substituer, pour les besoins de l'interpolation, à la courbe inconnue $y = P(t)$ devant passer par les points $A, B, C, D, E, F, G, \ldots$.

de la figure 1, une série d'arcs empruntés à des courbes (g), déterminés chacun par 4 points.

11] Pour déterminer les constantes a, b, c, m, il faut quatre données, par exemple les résultats de 4 recensements opérés aux instants $t = 0$, $t = t_1$, $t = t_2$, $t = t_3$. Désignant par P_0, P_1, P_2, P_3 le nombre des habitants recensés, on obtiendra pour la détermination des 4 constantes en question, les 4 équations suivantes qui ont l'avantage d'être algébriques:

$$P_0 - m = \frac{c}{a^2 + b^2}; \qquad P_1 - m = \frac{c}{a^2 + (b - t_1)^2};$$

$$P_2 - m = \frac{c}{a^2 + (b - t_2)^2}; \qquad P_3 - m = \frac{c}{a^2 + (b - t_3)^2}.$$

12] Les constantes ayant été déterminées, on peut utiliser la formule (g) pour l'interpolation. Elle se prête également aux extrapolations à longue échéance. Si l'on admet les hypothèses de l'article **8**] et qu'on les applique à l'humanité entière, cette théorie nous prédit une marche d'abord ascendante jusqu'à un certain maximum, puis décroissance graduelle (au point de vue numérique, bien entendu) et acheminement vers un état stationnaire caractérisé par un effectif à peu près constant, résultant d'un certain équilibre dont les bases sont à la fois physiques et intellectuelles, d'ordre social et d'ordre biologique.

La signification des constantes dont chacune est essentielle ressort de la figure. Comme b peut être choisi arbitrairement, aussi grand que l'on veut, le maximum de population peut n'être atteint qu'après un temps très long. C'est dire que pratiquement, la formule (g) peut rendre les mêmes services que la formule verhulstienne (5) pour les groupes à croissance monotone. Le maximum M peut être rendu grand ou petit, à volonté, grâce à la constante c. Enfin, la constante m qui caractérise l'état stationnaire limite, peut être choisie aussi grande ou aussi petite que l'on voudra; on peut même, en particulier, prendre $m = 0$, ce qui revient à supposer que le groupe en question finira par s'éteindre totalement.

13] Nous avons examiné un grand nombre d'autres hypothèses relativement à l'intensité de variation $\sigma(t)$; chacune conduit à une théorie différente résumée par une formule donnant l'effectif $P(t)$ en fonction du temps t. Toutes ces théories sont basées sur l'emploi des fonctions d'intensité. En particulier, si l'on admet les hypothèses de l'article **8**] avec cette modification que $\sigma(t)$ est proportionnelle à

la différence $P - m$ (au lieu du carré de cette différence), en d'autres termes: si l'on pose

$$\sigma(t) = \frac{2c}{P}(b - t)(P - m), \tag{7}$$

on obtient l'équation différentielle que voici:

$$\frac{1}{P} \cdot \frac{dP}{dt} = \frac{2c}{P} \cdot (b - t) \cdot (P - m).$$

Par intégration, on trouve la solution particulière

$$P(t) = m + (P_0 - m) \cdot e^{2bct - ct^2}$$

où l'on a tenu compte de la condition initiale qu'à l'instant $t = 0$, l'effectif doit être P_0. En représentant graphiquement cette fonction, on trouve une courbe de même allure générale que celle présentée par les courbes (g) (v. fig. 3).

14] Pour serrer la réalité d'aussi près que possible, une théorie de la population devra se baser sur l'étude du taux instantané de variation $\sigma(t)$, puisqu'en théorie, c'est là l'élément essentiel et caractéristique et qu'en pratique, on peut le déterminer directement par l'observation, c'est à dire en utilisant les résultats des recensements, les registres mortuaires, les registres d'état-civil et les registres de migration. Or, les variations de l'effectif dépendent immédiatement de quatre facteurs qui sont: la mortalité, la natalité, l'émigration, l'immigration. Comme nous l'avons déjà fait remarquer ci-dessus (v. **3**] et **4**]), le taux instantané de variation est la résultante de ces 4 composantes, conformément à la formule

$$\sigma(t) = \nu(t) - \mu(t) + \iota(t) - \varepsilon(t). \tag{2}$$

Il faudra donc étudier séparément chacune de ces 4 composantes; voilà le premier pas vers une théorie nouvelle de la population, théorie plus exacte, plus conforme à la réalité.

Un second pas reste à faire, encore plus important peut-être; *la décomposition de la population en groupes partiels appropriés* et l'étude séparée de chacun de ces groupes partiels.

15] Voici en effet l'erreur qu'il s'agit d'éviter. Pour fixer les idées, prenons une seule cause de variation: la mortalité, et montrons sur un exemple concret ce qu'il y a d'erroné dans la manière habituelle d'interpréter les statistiques mortuaires. Le mode le plus généralement suivi consiste à dresser un tableau donnant *par mille habitants* le nombre annuel des décès survenus dans la population

envisagée. Un auteur écrivit p. ex. ceci: Dans la colonie anglaise de Victoria, en Australie, la mortalité générale a été de 16,6 ‰ en moyenne pendant 25 ans (de 1853 à 1878); en Angleterre et dans le pays de Galles, la mortalité générale a été de 22,1 ‰ en moyenne pendant la même période (plus exactement: de 1850 à 1874). Par conséquent, concluait notre auteur, la colonie de Victoria a un climat beaucoup plus salubre que l'Angleterre, puisque la mortalité générale y est de 5,5 ‰ plus faible qu'en Angleterre et dans le pays de Galles; „émigrez donc en Australie, vous y vivrez plus longtemps, les statistiques le prouvent". Or, ce raisonnement tombe à faux pour la raison que voici: Désignons par G_1 l'un des groupes: Angleterre et pays de Galles, et par G_2 l'autre: colonie de Victoria en Australie. Un grand nombre de personnes à la fleur de l'âge ont quitté le groupe G_1 (donc l'Angleterre) et ont émigré dans le groupe G_2 (en Australie), $G_1 \rightarrow G_2$. Ces jeunes émigrés ont laissé derrière eux, dans le groupe G_1, une grande proportion de personnes touchant à la vieillesse. Or, on sait que le taux de mortalité est régulièrement *élevé* parmi les personnes âgées, même sous un climat très salubre. — Le groupe G_2 au contraire, ayant été renforcé constamment par des personnes relativement jeunes, devait montrer un taux moyen de mortalité plus bas, même sous un climat moins salubre, parce que l'âge moyen de la population y était moins élevé et que *l'âge est le plus important des facteurs de mortalité.*

Conséquence: il faut être très circonspect dans l'interprétation des statistiques démographiques où *l'âge* ne figure pas explicitement; si l'on tient compte uniquement de la mortalité générale en pour mille de la population, on ne peut comme règle rien conclure de la comparaison. Pour pouvoir conclure, *il faudra décomposer la population,* aussi bien dans G_1 que dans G_2, *en classes d'âge,* puis comparer les taux de mortalité des classes correspondantes.

16] Une théorie de la population, pour donner des résultats sûrs et traduire la réalité le plus exactement possible, devra procéder d'une manière analogue et s'édifier d'après le programme suivant:

Premier pas: décomposer la population envisagée en *classes* ou *groupes partiels,* d'une manière appropriée; pour cela, il faudra tenir compte principalement de l'âge et de la profession exercée, ou occupation prédominante. Désignons ces groupes, dont chacun est au point de vue numérique une fonction du temps, par

$$P_1(t),\ P_2(t),\ P_3(t), \ldots,\ P_\lambda(t), \ldots,\ P_n(t).$$

La population totale devra être égale à la somme de ces classes:

$$P(t) = P_1(t) + P_2(t) + P_3(t) + \cdots + P_n(t) \equiv \sum_{\lambda}^{1 \cdots n} P_\lambda(t).$$

Deuxième pas: Etudier, *pour chacune de ces classes* $P_\lambda(t)$, les 4 taux instantanés de variation: ν, μ, ι, ε (v. **2**] et **3**]). C'est ici qu'on pourra tenir compte du point de vue social et du point de vue biologique.

Troisième pas: Composer, pour chacune de ces classes P_λ, l'intensité de variation

$$\sigma(t) = \nu(t) - \mu(t) + \iota(t) - \varepsilon(t). \qquad (2)$$

Cela permettra d'étudier les fluctuations de la population dans chaque groupe partiel séparément.

Quatrième pas: Déterminer la résultante de ces variations partielles.

Cette méthode implique un grand travail. Elle est moins simple que tout ce qu'on a fait jusqu'ici dans ce domaine et pose des problèmes nouveaux. Mais nous pensons que c'est là la base nouvelle d'une future théorie de la population, théorie qui nous permettra, mieux que celles émises jusqu'à nos jours, de prévoir l'avenir et, peut-être, d'influer sur lui d'une manière consciente.

Tektonische Untersuchungen im Gebiet der nordöstlichen Adula,

mit Bemerkungen zur Tektonik und Orogenese der penninischen Decken überhaupt.

Von

H. Ph. Roothaan.

Mit einer tektonischen Karte und zwei Profiltafeln.

(Als Manuskript eingegangen am 20. Februar 1918.)

Eines derjenigen schweizerischen alpin-geologischen Probleme, die immer dringender eine rasche Lösung erforderten, war die Tektonik der vom Tessin nordwärts vorstossenden, im Rheinwaldhorn kulminierenden Gneismassen und der zwischen diesen und dem Ostende des Gotthardmassivs plötzlich von ihrer schmalen Nordtessiner Zone zum mächtigen Komplex Mittelbündens anschwellenden mesozoischen Schiefer. Die ausserordentlich raschen Fortschritte in der Erkenntnis des übereinstimmenden Baues der Bündner und Walliser Alpen, die geistreichen Versuche der Parallelisierung ihrer tektonischen Einheiten, der Decken, welche sich in so glänzender Weise an die Namen E. Argand und R. Staub knüpfen, drängten immer mehr dazu, in der bisher einheitlich Aduladecke genannten Gneismasse die Äquivalente sowohl der St. Bernhard-, wie der Monte Leone- und Lebendundecke des Wallis zu suchen. Wohl wusste man von der gewaltigen Zerschlitzung der Aduladecke durch Triassynklinalen, wohl kannte man Dolomit- und Gneishorizonte in den Bündnerschiefern an ihrer Stirn, doch über die genaueren Verhältnisse tappte man immer noch vollständig im dunkeln. In zwei Sommerkampagnen, 1916 und 1917, habe ich die petrographische und tektonische Bearbeitung der Umgebung von Vals durchgeführt, eines Gebietes, welches ungefähr begrenzt wird durch folgende Linien: Peidenbad-Safienplatz-Nufenen-Zapportklubhütte-Zervreila-Scharboden-Vrin-Lumbrein-Peidenbad. Wenn auch die geologische Kartierung noch nicht überall die wünschenswerte Vollständigkeit und Genauigkeit aufweist, um eine Publikation auf Grund der topographischen Karte zuzulassen — ein Umstand, der zum grössten Teil der Unübersichtlichkeit und Unwegsamkeit

der vielfach bewaldeten und zerklüfteten Schieferkomplexe zuzuschreiben ist —, wenn auch die Beendigung der Laboratoriums- und Mikroskopierarbeit wohl noch etwas hinausgezögert werden wird, so dürfte es doch nicht gerechtfertigt sein, die Veröffentlichung der tektonischen Ergebnisse davon abhängig zu machen. Sie sind immerhin schon sicher genug, um eine mehr oder minder vorläufige kurze Darstellung zu finden. Ich hoffe mit ihnen ein gut Teil zur Lösung des im Anfang formulierten Problems beizutragen, und treten sie auch an Bedeutung gegenüber vielen andern Resultaten moderner Alpengeologie in den Hintergrund, so ist dies keineswegs ein Grund, ihnen ein zu geringes Interesse entgegenzubringen.

Ich danke den Herren Prof. Dr. U. Grubenmann, Prof. Dr. L. Rollier und Dr. R. Staub für mannigfache Auskunft.

Die vorliegende Arbeit sei folgendermassen gegliedert:

I. Orographie.
II. Historisches.
III. Stratigraphisch-petrographischer Überblick.
IV. Lokaltektonik.
V. Regionaltektonik.
VI. Faciesverteilung und Orogenese.

Natürlich ist keines dieser Kapitel erschöpfend. Angesichts der Lücken, welche noch ausgefüllt werden müssen, wäre solches ein schlecht zu rechtfertigendes Beginnen. Die petrographischen Ergebnisse werden bald eingehender publiziert werden.

I. Orographie.

Im Gebiet der nordöstlichen Adula, enthalten auf den Blättern 505 Hinterrhein, 413 Vrin und 409 Ilanz des topogr. Atlasses der Schweiz, sind es die Wasserläufe von Hinterrhein, Valserrhein, Glenner und Rabiusa, die das orographische Bild bestimmen. Sie kümmern sich alle recht wenig um den geologischen Bau des Untergrundes und die Gesetze der Morphologie.

Im Süden steht der hohe, vom Rheinwaldhorn (3398 m) ostwärts zum Bärenhorn ausstrahlende Bergkamm mit den aufgesetzten Gipfeln Güfer-, Hochberg-, Lorenz-, Kirchalphorn, Wenglispitze und Valserhorn zwischen dem Rheinwald mit seinem obersten Abschnitt, dem wilden gletscherumrahmten Zapport und den Tälern von Vals. Wenn der Valserbergpass genau auf der Grenze von Altkristallin und Bündnerschiefer liegt, so wird diese Abhängigkeit der Topographie von der Geologie weiter nördlich bald verlassen, indem der Peiler-

bach sich ganz im Gneis einschneidet und jene Grenze hoch oben am rechten Abhang verläuft.

Zwischen Peil, Kanal und Lenta, den drei meridional verlaufenden Seitentälern des Valserrheins, erhebt sich einerseits die Masse des Fanellahorns mit seinen Trabanten Curaletschhorn, Ampervreilerhorn und Weissgrätli, andrerseits das Furketlihorn mit den abenteuerlichen Gestalten des Zervreilerhorns und Brochenhörnli. Bemerkenswert sind die drei schönen kleinen Karseen im Hintergrunde der Alpen Curaletsch, Ampervreila und Selva.

Im Westen bildet der Gipfelzug Rheinwaldhorn-Piz Terri einen Teil der Wasserscheide zwischen Rhein und Tessin. Ihn überquert im Sorredapass der Weg Vals-Olivone. Kaum glaublich scheint es, dass in früheren Zeiten die beiden hintersten Valser Alpen vom Tessin aus über diesen beschwerlichen Pass hinüber mit Hornvieh befahren wurden. Im Herbst aber mussten die Alpprodukte auf dem Umweg über das Vorderrheintal und den Lukmanier heimwärts geführt werden!

Den flachen Alluvialboden des in seiner einfachen und grosszügigen Architektonik erhabenen einsamen Tales von Zervreila verlassend, bahnt sich der Rhein in tiefer Schlucht, immer im Gneis bleibend, einen Weg nach Valsplatz, um dort, nach Norden sich wendend und in die Bündnerschiefer eintretend, diese durch die „Luchneren" quer zu durchbrechen und sich bei Furth mit den schwarzen Fluten des Glenner zu vereinigen. Dieser, in mehreren Bächen am Fusse des so ausserordentlich eindrucksvollen Piz Terri (3125 m) entspringend, bedroht bereits das oberste Gebiet des Valserrheins: deutlich sieht man vor seiner rastlosen Tätigkeit die Wasserscheide zwischen beiden in den Gneisgipfeln Piz Scharboden, Piz la Capialla und Frunthorn nach Süden ausbiegen, gegenüber der Richtung, welche die weiter nördlich gelegenen: Schwarzhorn, Faltschonhorn, Piz Aul (3124 m) und Piz Seranastga innehalten. Der Glenner fliesst durchwegs in Bündnerschiefer, nur zu einem ganz geringen Teil annähernd die Grenze derselben gegen das Gotthardmassiv zwischen Vrin und Lumbrein erreichend.

Nördlich des Glenner und westlich des Rheins breiten sich auf den sanften Hängen des Piz Mundaun die prächtigen Dörfer des Lugnetz aus, während auf der gegenüberliegenden Seite, östlich vom Rhein, die zerstörende Wirkung des Wassers die Oberhand hat und in schauerlichen Tobeln gegen das Safiental arbeitet. Die Wasserscheide zwischen Lugnetz und Safien ist eine fast nordsüdlich verlaufende Kette von Bündnerschiefergipfeln, angefangen vom Bären-

horn über Piz Tomül, Thälihorn, Crap grisch bis zum Piz fess und Piz Riein mit dem einzigen Übergang des Tomülpasses. Das Safiental ist ein typisches Isoklinaltal. Aus seinem obersten düsteren Abschnitt führt der Pass des Safierberges ins Rheinwald, von wo wir bei unserm topographischen Überblick ausgingen.

II. Historisches.

Das im vorstehenden Kapitel umrissene Gebiet war in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts natürlich auch Arbeitsgebiet Theobalds, Eschers und Studers, der Schöpfer der Bündnergeologie. In seiner „Geologie der Schweiz" beschreibt 1851 Studer, den Weg von Olivone über den Sorredapass nach Zervreila, das Kanaltal hinauf über die Plattenschlucht nach Zapport und Hinterrhein verfolgend, das Adulagebirge. Eine andere Reise machte ihn mit den grauen und grünen Bündnerschiefern bekannt. Sie führte von Vrin durch die Fuorcla de Patnaul nach Valsplatz, von da über den Tomülpass ins Safiental, gewiss einer Route, die zu den geologisch aufschlussreichsten gehört, da sie fast alle tektonischen Elemente des Gebirges durchquert, die freilich Studer noch nicht erkennen konnte.

Vierzig Jahre später fand dann das Gebiet eine meisterhafte Beschreibung in Alb. Heims „Geologie der Hochalpen zwischen Reuss und Rhein". Immer wieder muss man bei der Lektüre dieses Werkes, das so ausserordentliche geologische Einfühlungsvermögen bewundern, mit welchem alle Einzelheiten dargestellt werden, so dass sie sich heute noch ohne jegliche Schwierigkeit in die gegen damals völlig umgewandelten theoretischen Vorstellungen fügen.

Der neunte Abschnitt dieses Werkes ist dem nördlichen Teil des Adulamassives gewidmet. Sätze wie die folgenden mögen als Beweis für das soeben Ausgesprochene hier stehen: „Dasjenige unter den mir bekannten Zentralmassiven, welches dem Adulamassiv sowohl im Bau als auch nach den Gesteinen weitaus am nächsten steht, ist das Massiv des Simplon. Der Monte Leone nimmt dort nach Gestein und Lagerung eine durchaus ähnliche Stellung ein wie der Piz Valrhein (Rheinwaldhorn) im Adulamassiv" (pag. 353). Heute können wir an Stelle des „ähnlich" ein „gleich" setzen!

Die Adula wird als „erstaunlich regelmässiges breites Gewölbe" beschrieben, dessen „Sedimente durchweg in vollkommener Konkordanz liegen, ... keine Eruptivgesteine, kein Abstossen einzelner Gesteinsarten an anderen, alle kristallinischen Schiefer vom Antigoriogneis im Grunde des Bleniotales bis hinauf auf den Gipfel des

Piz Valrhein oder Piz Fanella in regelmässigster Schichtung wie ein enormer Komplex mariner Sedimente Schicht auf Schicht gleichförmig aufgelagert ohne jede sichtbare Störung" (pag. 352).

Die Einlagerungen von Dolomiten und Marmoren in der Fanellamasse werden natürlich als paläozoisch aufgefasst, für diejenigen des Passo di Sorreda jedoch stellt sich bereits die Ahnung ihrer Triasnatur ein.

Im achten Abschnitt begegnen wir einer Schilderung des Bündnerschiefergebietes, wie sie seither nicht mehr unternommen, viel weniger übertroffen worden ist. Diese Bündnerschieferzone zwischen Gotthard- und Adulamassiv wird als „eine nach oben fächerförmig sich öffnende Mulde" gedeutet, deren asymmetrischer Bau aber sicher erkannt wird. Heim teilt sie ferner von Norden nach Süden in acht Unterzonen ein:

1. Glatte, schwarze, kalkfreie Bündnerschiefer, Piz Scopi-Surrhein.
2. Graphitschwarzglänzende Knotenschiefer, Ganna nera-Diesrut (dort nach Osten auskeilend).
3. Braun anwitternde, kalkige und sandige Bündnerschiefer, Val di Campo-Lumbrein-Piz Mundaun.
4. Dolomitzug Chirone-Peiden.
5. Braun anwitternde, dunkelgraue Bündnerschiefer und Glimmerbündnerschiefer, Gola di Sosto-Val Seranastga. Südwärts durch Quarzite abgegrenzt gegen
6. Unterzone des Piz Terri-Piz dellas ruinas neras, schwarze Thonschiefer. Südwärts durch Quarzite abgegrenzt gegen
7. Unterzone der Marmore, Val Scaradra-Seranastgatälchen-Buccarischuna.
8. Glimmerbündnerschiefer als normales Hangende der Trias über den Adulagneisen.

Im Durchbruch des Valserrheins werden alle diese Unterzonen wieder festgestellt. Wie richtig diese Einteilung ist, wird sich im Verlaufe der tektonischen Beschreibung von selbst ergeben. Mit wenig Modifikationen stellt sie die modern-tektonische Gliederung der Schiefermassen dar.

Mit Nachdruck und durchschlagender Überzeugungskraft setzt sich Heim für das mesozoische Alter dieser sämtlichen Bündnerschiefer ein, gegen C. Diener und Gümbel, die sie für palaeozoisch hielten. „Der Bündnerschiefer beginnt — besonders im Westen — wahrscheinlich schon in der Trias; sein Schwerpunkt gehört dem Lias und er reicht wahrscheinlich noch in den Dogger und die Oxfordbildungen hinein" — diesen Satz (pag. 297) möchte ich, an Stelle

des „wahrscheinlich" ein „höchstens" setzend, hier doppelt und dreifach unterstreichen, heute aber denjenigen zur Beachtung, die noch Malm, Kreide und Tertiär in diesen Schiefern enthalten wissen möchten, wobei ich selbstverständlich nur vom Gebiet westlich des Heinzenberges rede.

C. Diener hatte seine Untersuchungen u. a. im Safiental gemacht und dort die Trias der Splügener Kalkberge als normales Hangende der Bündnerschiefer betrachtet (8). Rothpletz (27) unternahm 1895 den Versuch eines definitiven Verständigungsfriedens in dem alten Kampf um das Alter der Bündnerschiefer, und zwar ebenfalls auf Grundlage von Untersuchungen in unserem Gebiet. Sowohl die Schichtfolge in der Gegend der Splügener Kalkberge, wie die bei Ilanz sollte normal sein und somit palaeozoische Schiefer auf mesozoische überschoben sein. Tatsächlich existiert am Pala de tgiern nordwestlich des Crap grisch eine ausgesprochene Überschiebungsdiskordanz, die, wie mir scheint, schon Studer aufgefallen war; sie ist aber ganz anders zu deuten. Rothpletz illustrierte seine Arbeit unter anderem mit einer Kartenskizze und bemerkenswerten Profilen durch Bärenhorn, Piz Seranastga und die Kette des Piz Mundaun. Rothpletz' Hypothese liess dann natürlicherweise nicht zu, die Dolomite von Vals als Trias zu betrachten.

Bald sollten alle derartigen Annahmen überflüssig gemacht werden durch die aufstrebende Deckentheorie, die sich unter Schardts und Lugeons Händen entwickelte. Bereits 1898 sprach Schardt von der Adula als Analogon der Antigoriodeckfalte.

Tarnuzzer (41) stellte 1905 zuerst in anderem Zusammenhang die Marmorlager des Fanellagebietes zur Trias, welche da und dort in enggepressten und zerdrückten Mulden in den Adulagneis und seine Glimmerschiefer eingelagert seien.

1906 zeichnete Alb. Heim (16) sein bekanntes Profil durch die Tessiner Gneisdecken, ohne auf irgendwelche Komplikationen innerhalb der Aduladecke einzugehen.

In diesen Jahren war O. Wilckens kartierend in dem Gebiet tätig. Er beabsichtigte, das Blatt Vrin und die nördliche Hälfte des Blattes Hinterrhein geologisch aufzunehmen, jedoch scheint diese Arbeit nie beendigt worden zu sein, denn eine zusammenfassende Darstellung fehlt. Einige kleinere Mitteilungen aber machen uns mit wertvollen Entdeckungen bekannt.

1907 tritt Wilckens, hauptsächlich auf Grund ihrer Vergesellschaftung mit Rauhwacke, nachdrücklich für das triadische Alter der Marmore und Dolomite im Gneis ein (43), eine Ansicht, die von

C. Diener später wiederum bekämpft wurde. Besonders wichtig ist die Auffindung einer weiteren solchen Triaszone im Zapport, dem obersten Teil des Hinterrheintales, tief in den Gneisen drin. Wilckens meinte, sie könne möglicherweise mit derjenigen des Val Soja in Zusammenhang gebracht werden, welcher Meinung auch Ed. Suess im „Antlitz der Erde" sich anschloss. Ihre wirkliche Bedeutung wird uns der tektonische Abschnitt bald kennen lehren.

Das Jahr 1909 bringt eine weitere Mitteilung desselben Autors (44), welche uns mit einem Gneishorizont bekannt macht, der, im Bündnerschiefer von den östlichen Hängen des Peiltales in die Kette des Piz Aul oberhalb der Leiser Heuberge hinüberstreichend, von Wilckens als Kern einer höheren Decke aufgefasst und als nördlichster Ausläufer des Tambogneises wahrscheinlich zu machen versucht wird. Mit diesem „Wilckens'schen Augengneis", wie ich ihn vorläufig nennen will, werden wir uns eingehend zu beschäftigen haben. Vorläufig will ich nur die Bemerkung machen, dass ich in noch höheren Lagen wiederum echten Adulagneis gefunden habe.

In einer dritten kleinen Abhandlung (45) beschäftigt sich Wickens mit der ausserordentlich intensiven Kleinfaltung der Gesteine unseres Gebiets und bringt davon einige eindrucksvolle Abbildungen. Ferner wendet er sich gegen Freudenberg, welcher, Klemm (20) folgend, versucht hatte, auf Grund einiger Beobachtungen im Bernardinogebiet mesozoisches Alter des Adulagneises nachzuweisen (10).

In einer zweiten Arbeit (11) kommt dann Freudenberg später erfreulicherweise selbst zum Schluss, diesem Gneis permisches Alter zuzusprechen. Und es ist ja klar: irgendwie bemerkenswerte mesozoische Intrusionen würden uns heute wohl keine Schwierigkeiten ihrer Deutung bereiten. Das Bild wäre ein vollständig anderes.

Zyndel, in seiner Arbeit „Über den Gebirgsbau Mittelbündens" (49), berührt ganz kurz unser Gebiet dort, wo er über die Beziehungen des Kreide-Tertiär-Flysches seiner Prättigaudecke zu den Liasschiefern Südwestbündens spricht, und ihre gegenseitige tektonische Unabhängigkeit nachweist. Wichtig ist uns hier seine Entdeckung eines Triashorizontes am Bruschghorn und südlich davon in den Abstürzen über die „Nollen" im Hintergrund des Safientales. Weitere Ergebnisse seiner in Aussicht gestellten Untersuchungen über die stratigraphische und tektonische Gliederung der tieferen Bündnerschieferdecken zu veröffentlichen, war dem auf so tragische Weise ums Leben Gekommenen nicht mehr vergönnt. —

Zwei Namen sind mit der neueren Regionaltektonik der penninischen Decken unzertrennlich verknüpft: Emile Argand und

Rud. Staub. In glänzender Weise haben ihre Träger die verwickelte Schrift der Natur entziffert und uns in ihren Arbeiten ein Bild der Entstehung der Alpen entworfen von überwältigender Wucht, Einheitlichkeit und Grösse.

Diesen Arbeiten wollen wir uns jetzt kurz zuwenden, nachdem wir die Lokalforschungen Revue passieren liessen, und das auf unser Gebiet Bezügliche herausheben. Ihre Ergebnisse, welche, was die Gleichstellung der Decken Bündens und des Wallis anbelangt, endgültige sind, machen es überflüssig, den mehr oder weniger theoretischen Parallelisierungsversuchen, die jenen ersten Hinweisen Schardts und Lugeons gefolgt sind, weitere Aufmerksamkeit zu schenken.

Argand war der erfolgreiche Erforscher des Wallis. Wie sank das Ansehen der vielbewunderten Simplondecken! Fast zwerghaft erschienen sie nun im Vergleich zur gewaltigen Masse der St. Bernharddecke, als kleine Auswüchse am Grunde derselben. In letzere hineingebohrt, bleibt die Monte Rosa-Decke mit ihrer Stirn weit zurück, darüber wölbt sich die oberste penninische, die Dent Blanche-Decke, im Mt. Dolin fast kokett den letzten Rest ihres Mesozoikums tragend (2, 3, 4, 5).

Staub gelingt durch genaues Studium der Wurzelzone bei Bellinzona und Ivrea eine weitgehende Identifikation: die Bernharddecke ist der Adula-, die Monte Rosadecke der vereinigten Tambo-Suretta-, die Dent Blanchedecke der rhätischen Decke gleichzusetzen (35, 36). Letzterer wird in einer späteren Arbeit der Name Margnadecke gegeben und mit petrographischen und faciellen Hinweisen ihre Dent Blanche-Natur erhärtet (37). Argand entdeckt im Predoiragneis des Val Soja bei Olivone die Lebendundecke auch in Bünden wieder (6); darunter muss die Antigoriodecke, hier nun Simanodecke genannt, liegen, darüber das Äquivalent der Monte Leonedecke. Immer kleiner wird der Raum, der übrigbleibt für die im Wallis so mächtige Bernharddecke, denn sie muss sich wieder finden lassen im obersten Teil der Adulagneismassen. Dieses Problem zu lösen im Verein mit demjenigen des Wilckens'schen Augengneises, ferner die Gliederung der nördlich gelegenen Schiefermassen durchzuführen, wie auch darzulegen, welche Bewandtnis es mit dem Triaszug von Oberkastels und Peiden hat, soll der Zweck vorliegender Untersuchungen sein.

III. Stratigraphisch-petrographischer Überblick.

Da die eingehendere chemische und mikroskopische Untersuchung der Gesteine einer späteren Publikation vorbehalten bleiben soll, kann ich mich an dieser Stelle kurz fassen und bloss das Makroskopische hervorheben. Von früheren Arbeiten liegen die Mitteilungen C. Schmidts (31) im Anhang zu Heims Monographie vor, sowie die mikroskopischen Beiträge von Rolle zur Kenntnis der im Süden des Gebietes gelegenen Grünschiefer.

Im Altkristallinen lassen sich makroskopisch folgende Gesteine unterscheiden:

1. Chloritmuskovitschiefer,
2. Granatglimmerschiefer,
3. Injektionsgneis Typus Vallé.
4. Injektionsgneis Typus Zervreila.
5. Augengneise.
6. Aplite.
7. Amphibolitische und peridotitische Gesteine.

Auf den ersten Blick als solche zu erkennende Orthogneise gibt es hier keine. Wir haben es aller Wahrscheinlichkeit nach zu tun mit einem Gebiet alter aplitischer Injektion ursprünglicher Ton- und Mergelschiefer permischen oder karbonischen Alters (Casannaschiefer). Mehr oder weniger dynamometamorph, ohne Stoffzufuhr, liegen uns diese letzteren vor in den Glimmerschiefern, welche heute das hangendste Altkristalline darstellen. Es sind, wie immer, unansehnliche, wenig Erwähnenswertes bietende Gesteine, die nur ab und zu Aufmerksamkeit erregen durch Zahl oder Grösse ihrer ausgewitterten Granaten.

Darzulegen, wie man von ihnen durch Übergänge zu den eigentlichen Adulagneisen gelangt, ist hier nicht der Ort. Leicht unterscheidet man zwei Typen: den Gneis von Vallé bei Vals und denjenigen von Zervreila. Ersterer wird an einigen Stellen am Ausgang der Schlucht des Peilerbaches ausgebeutet, um zu Dach- und Bodenplatten Verwendung zu finden und dort hat man also die besten Aufschlüsse. Dieser schöne Gneis führt in reichlicher Menge einen grünen Glimmer, der zur weit verbreiteten Gruppe der Phengite gehört, dunklen Glimmer nur sehr spärlich. Er zeigt eine ausserordentlich regelmässige Schichtung, die durch die Injektion nicht gestört wurde, vielmehr ging diese genau parallel der Schichtfläche vor sich, oder der ursprüngliche Schiefer wurde von dem aplitischen Magma vollkommen durchtränkt. An den erwähnten Aufschlüssen kann man auch Lagen fast reinen Aplits beobachten, die bis zu einigen Centi-

metern mächtig sind und immer auf der Schichtfläche bleiben. Er kommt aber auch in weit mächtigeren Lagen vor, so in der Nähe, im Bett des Peilerbaches, ferner an den obern östlichen Hängen des Kanaltales, im Zapport.

Der Natur der nördlichen Adula als altes Injektionsgebiet entspricht auch der reichliche Gehalt an pneumatolytischen Mineralien: Turmalin findet sich allenthalben, Flusspat und Danburit wurden mehrfach entdeckt, auch Beryll ist vorhanden. Der Gneis von Zervreila ist noch saurer als der von Vallé. Ausserdem unterscheidet er sich von jenem durch einen gewissen Gehalt an dunklem Glimmer und öfters an Granat, sowie durch seine ausgesprochene Lagentextur, wie sie den meisten Tessiner Gneisen eigen ist und oft Übergänge zu Augengneisen entstehen lässt.

Ausser solchen, die demnach dem Zervreilagneis nahestehen, gibt es auch Augengneise, die einen etwas abweichenden Habitus besitzen. Hieher gehört vor allem der von Wilckens (44) beschriebene und abgebildete. Seine Feldspataugen sind gewöhnlich 2—3 cm lang, können aber auch viel grösser werden. Er führt neben dem grünen Glimmer auch Chlorit. Ausser an den von Wilckens bekannt gemachten Stellen kommt dieses Gestein noch andernorts vor, wovon bei der tektonischen Betrachtung die Rede sein wird. Im obern Vernoktälchen (Val Nova) steht er in Verbindung mit einem Augengneis, der durch seine Biotitführung und die durchschnittlich grössern Augen wiederum einen etwas andern Typus repräsentiert. Dieser bildet, vom Dachberg und Frunthorn über den obersten Kessel der Alp Scharboden zum Piz desselben Namens hinüberreichend, den Nordrand des Altkristallinen der Adula.

Als Einlagerungen in den Glimmerschiefern und Gneisen treffen wir amphibolitische und peridotitische Gesteine, deren Einzelbeschreibung nicht hieher gehört. Sie zeichnen sich zum Teil durch auffallend bläuliche Hornblende, einem Übergangsglied zwischen gemeiner und Alkalihornblende aus. Sie dürften vielleicht aus einem Teil des basischen Magmas hervorgegangen sein, das als Gegenpol zum aplitischen entstand und irgendwo verblieben sein muss. In ihrem Zusammenhang werden sie Wichtigkeit für die Erkenntnis der Tektonik erlangen.

Gänge sind in unserem Gebiet nirgends zu vermerken. Ein Block Pegmatit, den ich auf der Alp de veglias (Gem. Camuns) an der Überschiebungsfläche einer Bündnerschieferdecke fand, steht vereinzelt. Nordöstlich des Dachbergs und südöstlich des Ampervreilahorns durchqueren breite, mit Quarz ausgefüllte Klüfte weithin den Gneis.

Als die altkristallinen Gesteine überlagernd, wurde von Heim klastischer Verrucano angegeben, so am Hohbühl und Valserberg. Ich habe solchen nicht wahrgenommen.

Das normale Hangende ist vielmehr die Trias. Sie beginnt, aber nicht überall, mit wenig mächtigen, weissen, grauen oder grünen Quarziten und Gneisquarziten, die oft gar nicht leicht von den Gneisen zu trennen sind. Die eigentliche dolomitische oder kalkige Trias mit ihren Rauhwacken benötigt wohl keiner eingehenderen Beschreibung, da sie ausgebildet ist wie überall in den penninischen Alpen. Jedoch müssen wir an dieser Stelle eine andere Frage ins Auge fassen, anknüpfend an eine Bemerkung R. Staub's in seiner letzten grossen Arbeit über Faciesverteilung und Orogenese in den südöstlichen Schweizeralpen (38, pag. 170), nämlich dass wir neben den triadischen Flachseeablagerungen, den Quarziten, Rauhwacken, Kalken, Rötidolomiten, bunten Schiefern und Breccien auch noch eine bathyale Facies der Trias annehmen müssen. „Wir finden sie, wie ebenfalls Argand für das Wallis gezeigt hat, zum Teil in der Facies der altkristallinen Paraschiefer, der Casannaschiefer, oder aber in der Facies der Schistes lustrés. An manchen Stellen in den Alpen sehen wir, wie die schlammigtonigen Sedimente der Casannaschiefer ununterbrochen in die gleichartige, nur meist kalkhaltige Ablagerung der Schistes lustrés übergehen und durch enge primäre Wechsellagerung mit denselben innig verbunden sind. Es geht also nicht an, zu behaupten, die Trias fehle an jenen Stellen der penninischen Alpen und der Lias liege transgressiv auf dem Altkristallin, sondern die Trias ist vorhanden, aber in der Facies der Casannaschiefer und der Schistes lustrés, d. h. in bathyaler Facies." Solch allmählicher Übergang ist nun ganz deutlich wahrzunehmen am Nordrande des Altkristallinen in der Gegend zwischen Dachberg und Schwarzhorn. Zunächst trennt hier ein ziemlich mächtiger Dolomithorizont, der einer Deckengrenze angehört, die gestreckten Gneise des Dachberges und der Alp Pedanatsch von den Augengneisen und Paraschiefern, in welche die beiden gegen die Leiser Heuberge hinunterfliessenden Bäche eingeschnitten sind. Eine plötzliche Grenze dieser gegen die hängenden Bündnerschiefer ist aber nicht zu finden, die Veränderung ist eine allmähliche; Quarzite fehlen gänzlich und bloss einige Linsen von dolomitischem Kalk schalten sich in unregelmässiger Weise ein.

Ausserdem sind wir gezwungen, diese bathyale Trias auch im Hangenden der Wilcken'schen Augengneise zu postulieren, wenn wir diese als altkristallin betrachten, und das müssen wir; ihre sicherlich nicht rein sedimentogene, sondern injektiöse Natur lässt

keinen andern Ausweg zu. Hier aber scheint dann der allmähliche Übergang zu fehlen.

Heim unterschied in unserem Gebiet auch Quartenschiefer, beispielsweise am Valserberg und am Piz Alpettas. Diese Auffassung kann kaum mehr aufrecht erhalten werden: nirgends konnte ich irgendwelche deutliche Anzeichen von Quartenschiefern bemerken.

Über der Trias gelangen wir in das einförmige Gebiet der Bündnerschiefer, in denen sich vorläufig keinerlei sichere stratigraphische Gliederung durchführen lässt und nur mit Mühe eine tektonische, an Hand einiger faciell abweichender Horizonte, die sich auf grössere Strecken verfolgen lassen, zum Beispiel der weissen Marmore, der Quarzite, Grünschiefer etc., in Verbindung mit den kleinen Linsen von Dolomit, Rauchwacke und Gneis an den Dislokationsflächen. In dem historischen Überblick wurde bereits gezeigt, wie Heim diese Massen in Unterabteilungen zerlegte und ich will hier nicht nochmals darauf zurückkommen. Ich kann stratigraphisch vorläufig nichts Zusammenhängendes beibringen mit Ausnahme der Auffindung eines Horizontes von Breccien und Quarziten, den ich verfolgen konnte von der Thälialp ob Nufenen über die Alpen Klein-Tomül, Tomül, Grava, Calasa bis in die Nähe des Pala da Tgiern. Ausserdem ist er noch vorhanden auf dem Rücken zwischen dem Seranastgatälchen und dem Tieftal. R. Staub hat bereits vom Vorhandensein dieser Breccie in seiner letzten Arbeit Notiz genommen und ihre vollständige Übereinstimmung mit der „Brèche du télégraphe" und den andern Liasbreccien hervorgehoben, von der ich mich ebenfalls überzeugt habe. In diesem Zusammenhang möchte ich bemerken, dass Staub's Darstellung den Eindruck einer ausserordentlich mächtigen neritischen Entwicklung des Lias hervorruft; in Wirklichkeit treten jedoch sowohl diese Breccien wie die Quarzite ganz erheblich zurück gegenüber den sie umgebenden ganz und gar bathyalen Schistes lustrés. Im allgemeinen kann man sagen, dass in jeder Schieferdecke die Sedimente von unten nach oben neritischer werden.

Noch etwas verweilen müssen wir bei den grünen Schiefern, die seit langem aus der Valser Gegend bekannt sind; wiederum aber ohne an dieser Stelle ihre spezielle petrographische Untersuchung Platz finden zu lassen, sondern bloss um ihre geologischen Verhältnisse darzulegen. Ich bin zu der Überzeugung gekommen, dass es sich bei diesen Gesteinen um metamorphe submarine diabasische Ergüsse und Tuffe handelt. Für diese Auffassung sprechen einige Punkte (siehe Wolff, der Vulkanismus (46)). Die Grünschiefer sind, wo man auch auf sie stösst, den Schistes lustrés vollkommen

konkordant eingelagert, nirgends ist eine Andeutung einer stock- oder lakkolithartigen Ausbildung zu sehen; ihre Horizonte ziehen sich derart kilometerweit, immer in derselben stratigraphischen Höhe dahin; Liegendes und Hangendes sind überall gleichartig bathyal, als ob die Sedimentation nicht unterbrochen worden wäre; an zahlreichen Stellen finden sich inmitten der Grüngesteine Schichten eben dieser Sedimente von 1 cm bis 2 m Mächtigkeit, so auf der Fuorcla de Patnaul und dem Faltschonhorn, sehr schön an dem Abhang westlich der Hütten der Alp Rischuna, ferner an den Grünschiefern, welche östlich Vals von Parwig an die Cravascholtahörner hinaufziehen, südlich der Hütten auf der Alp Tomül und an einigen andern Orten; der Gehalt der grünen Gesteine an Calcit, welchen das Mikroskop aufdeckt, ist sehr beträchtlich; Heim erwähnt den Fund eines Belemniten in den Grünschiefern der Alp Leis; in einem Dünnschliff habe ich merkwürdige, längliche, gut begrenzte Calcit-„Porphyroblasten" wahrgenommen, die nicht wohl anders zu deuten sind denn als Stengelglieder von Echinodermen; an zwei Stellen, bei der Wasserfassung des Valser Elektrizitätswerkchens und bei der Sennerei der Alp Leis finden sich Gesteine, die ohne weiteres weder den Bündnerschiefern noch den Grünschiefern zugerechnet werden können, sondern als umgewandelte Mischungs- oder Kontaktgesteine aufgefasst werden müssen, bezeichnenderweise im Liegenden des Eruptiven. Gewiss, einige dieser Punkte sind ausserordentlich problematischer Natur, aber alles in allem dürfte doch die Entscheidung, welche der vier Möglichkeiten: Intrusionen, Festlandsergüsse, submarine Ergüsse, Tuffablagerungen hier anzunehmen sei, nunmehr nicht schwer fallen. Gegen die letzte Möglichkeit spricht die zum Teil noch erhaltene ursprüngliche diabasische Struktur. Einzig die grünen Schiefer des Safientales, aber auch nur diese, tragen makroskopisch einen auffallend „tuffogenen Habitus" an sich; aber gerade in deren Horizont, am Piz Tomül, liegen jene Typen, die noch am besten die primäre Struktur verraten. Diese Fragen wird die genaue Untersuchung beantworten.

Soviel von diesen Grünschiefern; auch sie werden bei der Enträtselung der Tektonik eine Rolle spielen.

IV. Lokal-Tektonik.

Im altkristallinen Gebiet ist es zuerst gar nicht leicht, einen Anhaltspunkt zu finden, von dem ausgehend man die Tektonik enträtseln könnte. Immer wieder muss man sich zu seinem Miss-

vergnügen überzeugen, dass die Gneise keine grundlegenden Verschiedenheiten zeigen, dass die meisten der triadischen Dolomit- und Rauhwackenhorizonte bald auskeilen, ohne in weiterer Entfernung die erwartete Fortsetzung zu besitzen, dass die dunklen Amphibolite, von vornherein als für tektonische Entscheidungen wenig geeignet angesehen, in ihrem sporadischen Auftreten sich den Blicken entziehen, bis man sie unter den Füssen hat. Zuletzt die ganze Gegend mit misstrauischen Augen betrachtend, fürchtet man, jede Vorstellung über ihren Aufbau in Kürze durch irgendeinen unerwarteten Aufschluss zerstört, jedes Suchen nach von einer solchen geforderten Vorkommnissen missglückt zu sehen! Nur eine Zusammenfassung aller Faktoren kann zu einer einigermassen befriedigenden Erklärung führen. Zunächst bemerkt man, dass die Glimmerschiefer, zusammen mit dem grünen Gneis des Typus Vallé, sich hauptsächlich auf beiden Abhängen des Peiltales vorfinden, von dort sowohl aufs Fanellahorn hinaufziehen, wie über Kirchalphorn und Wenglispitze hinunter gegen Hinterrhein und weiter südwärts. Sie scheinen, ganz vorläufig und im grossen gesagt, durch die Dolomite von Ampervreila, Curaletsch und Weissgrätli getrennt zu sein von den Zweiglimmergneisen von Zervreila und Lenta. Im Norden aber, auf den Alpen Pedanatsch und Frunt, scheinen sie ohne solche Grenze in diese überzugehen, ferner kommen sie selbst im Gebiete der letzteren vor zwischen Brockenhörnli und Plachtenalp, auch beim Aufstieg von der Klubhütte „Ursprung" im Zapport zur Plattenschlucht.

Wenn man so die Erkenntnis zweier grosser kristallinen Einheiten gewonnen hat, muss man sich ferner der bekannten Tatsache erinnern, dass der untere dieser beiden Komplexe sich bei Olivone in wundervoller Stirnumbiegung in die Höhe wendet, während im Kern dieser Biegung die beiden, schon von Heim mit Staunen beschriebenen Dolomiteinfaltungen des Sorredapasses sich finden. Diese drei ohne theoretische Voraussetzungen sich darbietenden Tatsachen dürfen nicht aus den Augen verloren werden, wenn man sich anschickt, auf analytischem Wege die ausserordentliche Komplikation der zwischenliegenden Triassynklinalen zu lösen.

Der nördliche Abhang der Fanellamasse, auf dem die Alpen Curaletsch und Ampervreila sich ausbreiten, offenbart bei genauem Studium vier Dolomithorizonte, die stark in ihrer Mächtigkeit wechseln und oft unterbrochen sind. Den untersten trifft man auf dem meist begangenen, aber trotzdem unangenehmsten Weg des Valsertals von Vallé nach Zervreila beiderseits der Calvarikapelle. Der nächste zieht sich etwa 200—250 m weiter oben gegen Curaletsch hin und

setzt sich nach einem Unterbruch fort oberhalb der Finsterbachalp zum Punkt 2430. Am Weissgrätli kann man weitere zwei Horizonte unterscheiden: der eine, wohl 100 m mächtige, bildet Gipfel und nördlichen Grat und zieht hinunter zum Curaletschseelein, welches er zangenartig umfasst, der andere liegt etwas tiefer. Während dieser südwärts bald auszukeilen scheint, jener aber sich über den Fanellapass noch beträchtlich gegen Süden hin erstreckt, vereinigen sich beide nördlich, was man vom See aus deutlich sieht, beim Punkt 2438 zu einem einzigen mächtigen Horizont, der durch mehrere kleinere Linsen hindurch verfolgt werden kann zur Ampervreilaalp, von da oberhalb des „Bodens" gegen die „Marchegge". Hier unterbrochen, dürfte er sicher zu verbinden sein mit den Vorkommnissen oberhalb der Höfe „Zeune" und „Peil", ferner im Bach südlich von „Stafelmatte". Bei Peil verdanken ihm wohl die fünf etwas tiefer entspringenden, sehr wasserreichen Quellen ihre Entstehung. Der Hohbühl der Selvaalp, jedoch im Gegensatz zu Heims Angabe nur zum geringsten Teil aus Bündnerschiefer bestehend, erhebt sich auf einem Untergrund von Dolomit, der somit nochmals einen höhern Triashorizont darstellt. Im Gebiet der Fanellaalp habe ich keine weiteren Dolomite entdecken können mit Ausnahme kleiner Blöcke an der Quelle des Peilerbaches, ebensowenig, wie bereits beiläufig erwähnt, auf dem Nordhang des Zervreilatales, den Alpen Pedanatsch und Frunt. Ohne weiteres liesse sich also mit diesen Triasschichten nicht das geringste beginnen. Wilckens (43) meint nur, sie würden wahrscheinlich nach Süden auskeilen. Um weiter zu kommen, sollen uns nun die Amphibolite als Schlüssel dienen. Wenden wir unser Augenmerk der Verteilung derselben zu! Ihre Hauptausdehnung besitzen sie auf dem vom Curaletschhorn nordwärts vorspringenden Rücken. Um den Punkt 2667 über dem höchsten Dolomit biegt ein vom Fanellagletscher herkommender und sich weiter nach Norden bis zur Selvaalp fortsetzender Amphibolitzug. Zwischen den beiden Dolomitlagen von Ampervreila und Curaletsch finden sich zwei weitere sehr mächtige basische Horizonte, getrennt durch Gneis, und im Hangenden des Calvaridolomites ein vierter, bedeutend geringerer. Nun sind, wenn wir die einfachste und natürlichste Annahme machen, dass der Amphibolit ursprünglich zusammenhängend war, etwa in Form eines linsenförmigen Lakkolithen oder grossen Lagerganges, nur mehr zwei Deutungen des Profils denkbar, nur noch eine jedoch, wenn wir berücksichtigen, dass sich auf der entgegengesetzten Talseite ebenfalls ein Amphibolithorizont findet, der, von Frunt in die Schlucht unterhalb Moos-Ganda hinunterziehend, sich wohl mit dem-

jenigen von Calvari verbindet, während der höhere Horizont von Leis-Vallé über das Vorkommen beim sogenannten „Käscherli" hinweg in den untern Curaletschhorizont fortsetzt. Diese einzig mögliche Deutung, die in den Profilen auf Tafel III wiedergegeben ist, wird, obwohl sie auf den ersten Blick sehr hypothetisch erscheint und Dolomitvorkommnisse an Stellen erfordert, wo bisher noch keine aufgefunden sind, durch die folgenden Darlegungen noch mehr gestützt.

Im Bach zwischen Leis und Ganda taucht Dolomit auf, in welchem sehr schöne Strudellöcher erodiert sind. Er fällt mit etwa 25° nach Ostsüdost gegen das Tal hin ein, während die Horizonte der Fanellamasse mehr oder weniger flach nach Nordost fallen. Es ist dies zweifellos die obere Grenze der von unten aufsteigenden Gneisstirn, die bei Olivone so deutlich sichtbar ist und die dem Bild des Dachbergs und seiner Umgebung merklich seinen morphologischen Charakter aufprägt. Da es klar ist, dass die Dolomiteinfaltung am Sorredapass nicht dem sowohl höher, als dem Streichen nach südlicher liegenden Weissgrätlidolomit entsprechen kann, so ist sie nur in Verbindung zu bringen mit den im Hangenden wie Liegenden des Ambipholits von Frunt postulierten Dolomithorizonten. Wie diese hier noch nachzuweisen sind, so an dem von mir noch nicht besuchten Sorredapass vielleicht der Amphibolit.

Bevor wir uns den Verhältnissen im Zapport zuwenden, wollen wir die beiden Gneisdecken, deren gegenseitiger Grenze wir im Bisherigen unsere Aufmerksamkeit widmeten, der Kürze halber als Rheinwalddecke und Fanelladecke unterscheiden, zwei Bezeichnungen, die keiner weiteren Begründung bedürfen. Das landschaftliche Bild der beiden ist im grossen und ganzen deutlich verschieden: bietet die erste infolge der prismatischen, keineswegs die Schieferungsebene bevorzugenden Klüftung des Gneises recht scharfe, zum Teil imposante Gebirgsformen und gewaltige Blockmeere, so vermag die zweite mit ihren plattigen, rotbraun verwitternden Schiefern wenig zu fesseln. In diesem Sinne stehen zum Beispiel die Gegenden Plachtenalp-Zervreilerhorn und Kirchalp-Wenglispitze einander gegenüber, jedoch ist der Unterschied meist nicht so gross wie hier. Das wichtigste Erkennungsmerkmal besitzt die Fanelladecke in ihren amphibolitischen Gesteinen.

Im Zapport hat bekanntlich Wilckens (43) zuerst Triasdolomite und zwar auf beiden Talseiten nachgewiesen. Ich habe nur den Nordhang dieses wilden Tales summarisch begangen. Hier treten zwei solche Horizonte zutage: einer westlich der Klubhütte Ursprung, ein anderer, höherer, unterhalb der Alp Unterheuberg. Zwischen

beiden liegen mehrere Lagen von Amphibolit und Granatglimmerschiefer, die man zum Beispiel durchschreitet beim Aufstieg von der Hütte zur Plattenschlucht. In den Abhängen beiderseits des Hochberghorns, oberhalb den Gletschern, sind solche ebenfalls vorhanden und setzen sich sehr wahrscheinlich durch die hohe Südwand des St. Lorenz- und Kirchalphorns fort in diejenigen der Kirchalp. Eine sehr befriedigende Erklärung des Profils lässt sich geben durch die Annahme, dass wir hier eine Einschleppung eines Teils der Fanelladecke unter eine obere Schuppe der Rheinwalddecke vor uns haben, wie sie auf dem Profil Nr. 4 der Tafel IV dargestellt ist, so zwar, dass die zwei Dolomitlager des Zapports mit den beiden mittleren, ebenfalls Amphibolite zwischen sich einschliessenden Horizonten des Nordwestabhangs der Fanellamasse zu verbinden wären. Dementsprechend würde die Einzeichnung von Dolomit am Südabsturz des Kirchalphorns auf Heims Profil theoretisch richtig sein; tatsächlich konnte ich sie aber nicht sicherstellen. Ferner würde erklärt das Vorkommen von Amphibolit auf der rechten, von Glimmerschiefer, dem in der Fanelladecke gewöhnlichsten Gestein auf der linken Seite des Kanaltales. Eine Verbindung der Zapportdolomite mit der Val Soja-Synklinale halte ich aber für ausgeschlossen.

Vielleicht dürfte es doch nicht ganz überflüssig sein, an dieser Stelle anzumerken, dass mir angesichts der starken Ausquetschungen und Lücken der Trias eine befriedigende Lösung des Problems ohne die starke Betonung der amphibolitischen Gesteine nicht möglich erscheint. Bei späteren Forschungen muss den beiden Seiten des Kanaltales, der Fruntalp und der Festung (La Capialla), dem Nordabhang der Wenglispitze und der Fanellaalp mit Rücksicht auf Dolomite und Amphibolite besondere Aufmerksamkeit gewidmet werden.

Wenden wir uns dem Ostrand des Altkristallinen zu, so können wir hier eine weitere höhere Decke unterscheiden, die ich einfach Valserdecke nennen will. Sie ist von der Fanelladecke getrennt durch Dolomit, der zunächst in der auf der Karte „Bord" genannten Gegend am obern Weg nach dem Valserberg, dann in grossen Linsen unterhalb der Häuser von „Kartütschen" zutage tritt, und nach kleiner Lücke von „Auf der Matte" an ununterbrochen zu verfolgen ist bis zum Punkt 2562 zwischen Wenglispitze und Valserberg, von da den Räpierbach bis gegen Hinterrhein begleitend. Die Paraschiefer und Gneise der Valserdecke, übrigens dieselben wie die der Fanelladecke, sind in dieser Gegend vom Dolomit getrennt durch schwarze Schistes lustrés, während sie weiter nördlich, etwa vom Tieftobel an, ihm direkt aufliegen. Nur bei „Auf der Matten" finden sich noch einige

verschleppte Fetzen dieser, das normale nachtriadische Mesozoikum der Fanelladecke darstellenden Bündnerschiefer. Am Punkt 2619, westlich vom Valserberg und am Weg von Hinterrhein nach der Alp Pianätsch, oberhalb des Casanwaldes, enthalten sie grüne Schiefer. Die komplizierte Wechsellagerung von Gneis, Dolomit und Schistes lustrés zwischen Wenglispitze und Valserberg ist untergeordneter Natur und einer sekundären Verfaltung zuzuschreiben. Ihre Einzeichnung auf der Karte ist cum grano salis zu nehmen.

Der Hohbühl der Selvaalp, von unten nach oben aus Trias, Resten von Bündnerschiefer und Gneis bestehend, gehört mit letzterem ohne Zweifel der Valserdecke an.

Die sehr starke Schuttbedeckung beider Talseiten bei Valsplatz verhindert eine Feststellung der Verbindung zwischen Ost- und Nordrand des Altkristallinen, und es ist somit schwierig anzugeben, zu welcher Decke der aus Augengneisen und Paraschiefern bestehende Komplex zwischen dem Dolomitzug nördlich des Dachberges und der Grenze des Bündnerschiefers gehört. Da zwischen diesen beiden Linien noch geringe Fetzen von Trias und Bündnerschiefer auftreten, so dürfte nördlich von diesen die Valserdecke, südlich die Fanelladecke anzunehmen sein, wie es auf der Karte angegeben ist. Jedoch ist in der Zeichnung die auskeilende Spitze der ersteren gegen den Scharboden zu ausgeprägt geraten.

Nunmehr treten wir an das Problem des Wilckens'schen Augengneises heran. Hoffentlich tut in den nächsten Abschnitten die Kompliziertheit der Sache der wünschenswerten Klarheit ihrer Darstellung nicht allzu grossen Eintrag.

Das Altkristallin der Valserdecke wird, ohne dass in bemerkenswerter Weise Quarzite vorhanden wären, von Triasdolomit überlagert, der beträchtliche Mächtigkeit in der „weissen Fluh" ob Valsplatz und im Talkessel der Vallatschalp erreicht, gegen den Valserberg hinauf aber auskeilt, auf dem Pass selbst nur in geringem Maasse als Rauhwacke ansteht. Gegen Nufenen hinab ist dann gar keine neritische Trias mehr vorhanden.

Noch 120 m Bündnerschiefer (im Süden weniger, im Norden mehr) und der erwähnte Augengneis tritt auf. Der südlichste Punkt, wo ich diesen Gneis in dem Gebiet aufgefunden habe, ist die Gegend „Auf der Arve" der Vallatschalp. Von da streicht er in den untern Teil der westlichen Abstürze des Teischerhorns und weiter über die Heuberge nach „Marklaschg" und in die scharfe Runse hinein, welche im Winter den Lawinen vom Horn gegen Valsplatz hinunter ihren Weg anweist, und daher zu oberst verbaut worden ist. Diese Stelle

ist von Wilckens unter anderem beschrieben und abgebildet worden. Der ganze Horizont ist an vielen Stellen auf grössere Strecken unterbrochen. Unter dem Schuttkegel, östlich Valsplatz hindurch, scheint er sich fortzusetzen und kommt dann vor bei Camp im Bach südlich Soladüra, sehr geringmächtig oberhalb der „Badstauden", am Weg vom Platz nach „An der Matte", im mittleren der drei Bäche südwestlich von Stafelten und im oberen Teil der Leiser Heuberge. Von hier braucht man nur 100—150 m höher hinaufzusteigen, so findet man einen zweiten bedeutenden Horizont in der flachen Mulde, wo sich der von der Patnauler Furggel herunterkommende Bach mit einem zweiten von Südwesten her vereinigt; der Gneis keilt gegen die Leisalp hin allmählich aus, um nochmals ein winziges Vorkommen zu bilden am Weg von „An der Matte" nach Unter-Stafel, nördlich des Baches in zirka 1850 m Höhe. Wilckens (44) scheint nur diesen oberen Zug gekannt zu haben, wie aus seiner Bemerkung hervorgeht, dass im Hangenden des Augengneises noch beträchtliche Massen von Grünschiefern vorkommen, was für den untern nicht zutreffen würde. Zwei weitere Vorkommnisse des Gneises sind noch: dasjenige im obern Talkessel des Baches, der vom Westhang des Schwarzhorns zur Alp Suraua hinunterfliesst, als Fortsetzung eines der beiden Horizonte der Leiser Heuberge, und ein weit höherer westlich vom „Brand", beim Aufstieg auf den Piz Seranastga. Alle diese grossen Gneislinsen mit einer einzigen, gleich zu besprechenden Ausnahme führen sowohl im Hangenden wie im Liegenden nur die gewöhnlichen Bündnerschiefer, ohne Dolomite. Wenn wir die Gneise also als Kern einer höheren Decke betrachten wollen, wie Wilckens es tut, ohne mit unwahrscheinlichen Ausquetschungen der Trias zu operieren, müssen wir hier jene bathyale Ausbildungsform der Trias in Schistes lustrés-Facies annehmen, von welcher im stratigraphischen Überblick gesprochen wurde. Der Gneis, im Chemismus gut mit dem gewöhnlichen Adulagneis übereinstimmend, ist als Augengneis sehr wahrscheinlich eruptiven oder injektiösen Ursprungs und kann ebensowenig wie alle andern später zu erwähnenden Gneisvorkommen als normale Einlagerung in der Bündnerschiefer-Serie betrachtet werden. Wie wir sahen, fehlt vom Valserberg an auch der Valserdecke die neritische Trias, und dieser Zustand dürfte sich eben über dem ursprünglich noch südlicher gelegen gewesenen Augengneis fortgesetzt haben, in Übereinstimmung mit den Argand-Staub'schen embryonal-tektonischen Anschauungen, nach welchen auf dem Rücken einer ursprünglichen Geantiklinale die neritische Facies allmählich in die bathyale übergeht. Merkwürdig ist es, dass am Nordrand des Altkristallinen, wo

die Trias, wie schon erwähnt, auch bathyal ausgebildet ist, ebenfalls Augengneise und zum Teil (Val Nova) genau dieselben wie der Wilckens'sche vorkommen.

Kehren wir nun zurück zu jenem von Wilckens beschriebenen Profil in der Lawinenrunse ob Valsplatz! Wie schon die ausserordentlich heftige Kleinfaltung aller Gesteine andeutet, welche man auf dem Wege nach der Alp Tomül in der Gegend oberhalb „Riefen" durchschreitet, dürfte die Tektonik hier sehr verworren sein. Ich will für diese eine Erklärung geben, ohne mir zu schmeicheln, dass sie eine endgültige sei.

Wie ist zunächst der unter dem zirka 20 m mächtigen Augengneis sich vorfindende weisse Dolomit zu erklären? Die Grenze der beiden ist in der Schlucht ganz scharf, aber südlich davon lässt sich bemerken, dass auch dunkle Schistes lustrés sich zwischen ihnen einschalten. Unter dem Dolomit stehen ausser diesen auch Glimmerschiefer an von genau derselben Art wie jene im Hangenden der „Weissen Fluh", der mächtigen Dolomitwand, also dem Altkristallin der Valserdecke angehörend. Für den, der sie kennt, ist ihr Unterschied gegenüber den Schistes lustrés vollkommen deutlich. Etwas tiefer finden sich in der nördlicher gelegenen kleineren Runse Fetzen von Grünschiefer, welche als letzte Ausläufer des von Camp gegen „Riefen" heraufstreichenden Zuges gedeutet werden können. Alledem nach ist der fragliche Dolomit eine Abschuppung desjenigen der Valserdecke, rein tektonisch unter den Augengneis geschoben.

Aber damit sind wir noch nicht zu Ende. Im Hangenden des Gneises folgen über wenig mächtigen Schistes lustrés wieder Grünschiefer und inmitten derselben Linsen von typischer Rauhwacke. Die Grünschiefer lassen sich, mächtiger werdend, verfolgen über den Tomülweg weiter gegen den Prádetsch in das Tobel des Tomülbaches hinunter. Den Rauhwackehorizont trifft man ebenfalls auf dem Tomülweg wieder an, kurz bevor man zum Punkt 1947 gelangt. Er ist, kaum $^1/_2$ m mächtig, ausserordentlich zerquetscht und ausgewalzt. In seiner Nähe stehen auch rötliche Quarzite an. Etwas weiter oben stösst man auf den auffallenden Grünschieferklotz des Horns, in dessen Blockhalde man wiederum Stücke derselben Rauhwacke findet, die aus seinem Hangenden stammen, wo, etwas südlicher, oberhalb der Lawinenverbauungen auch reichlich weisse und grünliche Quarzite vorkommen. Dieser ganze, tektonisch reduzierte triadische Komplex ist, wofür ich weiter unten noch ein paar Gründe angeben werde, ein Teil der Grenze gegen die nächsthöhere Decke. Aus dem vorstehenden ergibt sich also, dass wir drei mehr oder weniger grosse

Schuppen unterscheiden müssen, die auf dem Profil auf Tafel III zur Anschauung gebracht sind, dem Masstab entsprechend allerdings etwas vereinfacht.

Diese Schuppung erklärt nun ohne weiteres auch die Verdoppelung des Augengneises oberhalb der Leiser Heuberge. Wenn ich erwähne, dass der Grünschiefer von Camp fast ununterbrochen bis in jene Gegend hinaufstreicht, so ist klar, dass der Gneis der Runse nicht, wie es zuerst scheinen möchte, mit dem untern, sondern mit dem obern Gneis der andern Talseite verbunden werden muss, weil er ebenfalls über diesem Grünschieferhorizont liegt. Ich bin völlig überzeugt, dass durch Auffindung von Gneislinsen in der Gegend Riefen-Prádetsch-Parwig-Jägerberg dieser Zusammenhang noch deutlicher gemacht werden kann und wird. Wenn ich ferner bemerke, dass zwischen dem Grünschiefer und dem obern Augengneis, südlich der Leisalpsennerei (Ober-Stafel) beginnend, ein Quarzithorizont erscheint, der als triadisch angesprochen werden darf, um so mehr, als ich mit ihm verbunden oberhalb Stafelten Dolomitreste fand, so ist die Übereinstimmung beider Talseiten sichergestellt und auch die vereinzelten Grünschiefervorkommen westlich und nördlich Soladüra erklärt.

Die Schuppung der ganzen Gegend mit ihrer vollständigen Zerrüttung aller Gesteine darf wohl auch als Grund für die intensive Rüfenbildung und die Rutschungen hauptsächlich im Gebiete des Horns angesehen werden, die das Dorf schon mehrmals bedrohten, die aber gewiss in früheren Zeiten bedeutender war, wie die gewaltigen, jetzt grasbewachsenen Schuttkegel beider Talseiten beweisen. Die heutige gefährlichste Stelle ist durch Verbauungen gesichert worden.

Der Augengneis westlich des Schwarzhorns wird wohl mit dem obern Gneishorizont der Leiser Heuberge verbunden werden müssen, denn in seiner Nähe, und zwar tiefer, kommt Dolomit und Rauhwacke zutage, nämlich auf dem kleinen Rücken östlich von Punkt 2178. Dieses Gebiet verdient noch eine eingehendere Untersuchung, der ich mich in Verbindung mit der weiteren Erforschung der ganzen Bündnerschieferzone zwischen Aduladecke und Gotthardmassiv zu widmen beabsichtige. Zahlreiche Gneis- und Triaslinsen auf der Alp Scharboden deuten seinen verwickelten Bau an.

Bevor wir zur nächst höheren Decke übergehen, sei noch ein Wort gestattet über die Verlängerung der Augengneisschuppen nach Süden. Es ist nicht gesagt, dass diese Gneisfetzen direkt mit denjenigen zu verbinden seien, die sich tief in der Misoxer Mulde vorfinden. Vielmehr ist es mir wahrscheinlicher, dass letztere ursprüng-

lich höheren Schuppen angehören. Jedoch muss ein endgültiges Urteil hierüber verschoben werden. Petrographisch scheinen sie den Gneisen der Splügener Burgruine und der Rofna näher zu stehen als unserm Augengneis.

Bei der Beschreibung der Valserschuppen ist vielleicht nicht genügend darauf hingewiesen worden, was für eine Rolle die Grünschiefer für die Tektonik der Bündnerschiefermassen der Adula spielen. Dies muss nun nachgeholt werden. Noch bevor man alle Gneis- und Dolomitlinsen aufgefunden hat, kommt man aus der intimen geologischen Einfühlung in einzelne Teile des Gebietes zu dem Schluss, dass die Grünschiefer ursprünglich einem einzigen Horizont angehörten, und dass man mit ihnen wie mit einer fossilienführenden stratigraphischen Schicht operieren kann. Ihre Mächtigkeit wechselt natürlich wie die aller andern Horizonte ganz gewaltig in einem der Auswalzung so stark unterliegenden Gebiet, ist wohl auch primär schon ziemlich verschieden. Im grossen und ganzen lassen sich drei Züge solcher grünen Gesteine unterscheiden.

Vom Casanwald zwischen Nufenen und Hinterrhein über die Alp Pianätsch und den Valserberg, streicht der unterste derselben zum „Löchli" der Vallatschalp und weiter gegen die Heuberge. Dort ist er dann zu verbinden mit den Grünschiefern der Valserschuppen, bei deren Darstellung eigentlich bereits stillschweigend von seiner Eigenschaft als Leithorizont Gebrauch gemacht wurde.

Der zweite Zug geht, immer an Mächtigkeit abnehmend, vom Brennhof bei Nufenen über das Valserhorn zum „Oechsli", dann über das Teischerhorn zur Alp Tomül, über Jägerberg und Alp Stege zum Traj-Tobel. Hier wächst seine Mächtigkeit wieder sehr stark und erreicht wohl 200—250 m. In prächtigem Bogen wendet er sich bei Buccarischuna aus der horizontalen in die vertikale Lage und schiesst steil zur Tiefe. Er bildet hier zwei Schuppen, deren obere man am Piz Seranastga und deren untere am Faltschonhorn und Schwarzhorn wieder erkennen kann.

Dem dritten Zug folgt man von der Thälialp ob Nufenen über den Westabsturz des Bärenhorns zum Bärenpass, weiter über Tomülgrat und -pass zum Piz Tomül. Die grünen Gesteine beherrschen östlich dieses Berges die ganze linke Seite des Safientales, deren Einfallen mit dem der Schichtung übereinstimmt. Das ganze Gehänge ist in Rutschung begriffen und die Gesteine zeigen aus diesem Grunde oft ein abnormales, westliches Fallen. Bevor er den Crap grisch erreicht, keilt dieser Horizont aus.

Wenn also diese Grünschiefer wirklich die ihnen oben zugesprochene Bedeutung als gleichalterige Leithorizonte besitzen, müssen wir über den Augengneisschuppen noch zwei weitere Schieferdecken unterscheiden. Ihre Überschiebungsflächen, charakterisiert durch Rauhwacke, Quarzite und Gneise gilt es nachzuweisen!

Das beste wird eine nackte Aufzählung der Vorkommnisse sein. Am südlichen Ende der Wandfluh, westlich von Nufenen, ist von weitem als gelber Fleck eine kleine Linse von Rauhwacke sichtbar. In dem Grashang über der Wandfluh finden sich grüne Quarzite und Gneise, die man nicht so leicht auffände, würden sie nicht durch die in Mauerwerk und Dächern der Heustafel verwendeten Blöcke verraten. Gehen wir ihrem Niveau nach nordwärts, so stossen wir auf das Dolomit-Rauhwacke-Vorkommen des nördlichen Löchlibaches der Vallatschalp, das bereits von Schmidt (31) genannt worden ist. Das Rauhwackeband des Hornes haben wir schon kennen gelernt, ebenso den Augengneis am „Brand". Die so aufs deutlichste gekennzeichnete Überschiebung ist die untere Grenzfläche der Schieferdecke, die ich nach ihrer höchsten Erhebung, dem überragenden Piz Aul, Auldecke nennen möchte. Ihr Hangendstes sind jene prächtigen weissen Marmore, die Heim in zusammenhängendem Zug vom Piz Alpettas und noch südlicher her verfolgt hat bis zum Seranastgatälchen und der Alp Rischuna, und die, im Wechsel der Mächtigkeit vollkommen mit ihren liegenden Grünschiefern übereinstimmend, noch auf der Alp Tomül und im Thäli nördlich Nufenen vorkommen. Dieselben weissen Marmore erscheinen aber auch als Hangendes der liegenden Decke in der Wandfluh unterhalb der Rauhwacke, und somit lässt sich die Stirn der Auldecke ohne irgendwelche Schwierigkeiten sowohl durch diese Marmore wie durch den Augengneis an den rückwärtigen Teil der Valserschuppen anschliessen. Dem letzten Kapitel meiner Arbeit vorauseilend, kann ich mich nicht enthalten, hier schon zu bemerken, dass die Marmorzone durch die von Heim darin aufgefundenen Fossilien, die ich nicht vermehren, wohl aber bestätigen konnte, als Lias sichergestellt ist, und dass, da gleich darüber die sofort zu beschreibende nächste Überschiebungsfläche folgt, höchstens noch für Dogger, nicht aber für Kreide oder gar Tertiär Platz vorhanden ist.

Auf dem „Stutz" bei Nufenen, den grünen Schiefern des Brennhofs fast direkt aufliegend, sehen wir Glimmerschiefer, Gneise und Quarzite, die, über das „blaue Gufer" hinaufziehend, an der Kuppe zwischen Valserhorn und Lückli mit Dolomit und Rauhwacke vergesellschaftet sind. Wenn er auch ausserordentlich zerquetscht und

durch von der Unterlage abgeschürfte Grünschieferfetzen verworren ist, so kann doch niemand die altkristallin-triadische Natur dieses Komplexes im Ernst bestreiten, ebensowenig wie bei allen andern Vorkommnissen dieser Art. Es ist übrigens auch an dieser Stelle auf der geologischen Karte der Schweiz 1 : 500 000 bereits Trias eingezeichnet. Wir folgen der Überschiebung weiter über die altkristallinen Glimmerschiefer hinter den Hütten der Alp Tomül hin zum Rauhwackehorizont des vom Gipfel des Weissensteinhorns in südwestlicher Richtung fliessenden Baches. Dieser gute Aufschluss ist von Valsplatz sehr leicht zu erreichen, wenn man den auf der Karte verzeichneten Steg über den Tomülbach benutzt und im nächsten Seitenbach aufsteigt; er liegt in ca. 2300 m Höhe. Nochmals beisst Rauhwacke aus in dem temporären Bach der Alp Grava, und wenn ich auch den Verlauf der Überschiebung von hier an nicht mehr so genau verfolgt habe, so konnte ich sie doch ganz deutlich weiter nördlich wieder erkennen, wo die horizontalen Schichten des Heuegrates vollkommen diskordant auf den unter 60° südwärts einfallenden des Pala de tgiern auflagern. Ausserdem finden sich an dieser Linie beiderseits des ersteren, auf Barboden und Alp de Seglias, normale Adulagneise, an letzterer Stelle ganz auffallenderweise auch ein Block von Pegmatit. Erst viel weiter im Norden dürfte die Überschiebungsfläche den Gebirgskamm zwischen Lugnetz und Safien überschreiten.

Die Decke, die wir so gegen unten abgegrenzt haben, nenne ich nach ihrem höchsten Gipfel Tomüldecke. Sie enthält, im Gegensatz zu allen bisher genannten, einen Komplex neritischer Ablagerungen, der fast ununterbrochen durchzieht von der Thälialp bei Nufenen bis zu der, zur Gemeinde Tersnaus gehörenden Alp Calasa und wohl noch weiter. Er besteht zum grössten Teil aus jenen bekannten Liasbreccien des Typus der „Brèche du télégraphe", verbunden mit Quarziten und Kalken.

Vorläufig brauchen wir uns dabei nicht weiter aufzuhalten, sondern wollen uns noch kurz dem kleinen Überrest der Tomüldecke auf der andern Talseite zuwenden. Der Gipfel des Piz Seranastga besteht aus grünen Quarziten und Adulagneis, nur der oberste Punkt, ein paar Meter, aus Bündnerschiefer. Bei „Fanella" tritt Glimmerschiefer auf, und weithin leuchtet die gelbe Rauhwacke der Serenastgalücke, von welcher Spuren auch sichtbar sind am Grat zwischen Piz Aul und Piz de ruinas neras. Auf dem Rücken südlich des Tief- oder Teuftales endlich entdeckt man die neritische Zone mit Breccien und Quarziten wieder.

Die Tomüldecke ist jedoch immer noch nicht die höchste Bündnerschieferdecke. Zwischen ihr und den pseudoostalpinen, zur Margnadecke gehörenden Splügener Kalkbergen schaltet sich nochmals eine solche ein, deren untere Grenzfläche Zyndel (49) in den „die Nollen" genannten, rechtsseitigen Abstürzen des obern Safientales aufgefunden hat. Im gleichen Niveau gibt Heim Quarzite am Schollengrat bei Nufenen an, die dann wohl triadische sein und derselben Überschiebungsfläche angehören mögen. Wenn, wie ich vermute, der Gneis der Splügener Burgruine ihren kristallinen Kern darstellt, so würde auch diese Decke noch zum System der Adula zu rechnen sein, da jener Gneis sich bis unter die Tambodecke in die Misoxermulde hinein verfolgen lässt. Aber diese Verhältnisse müssen noch gründlich untersucht werden. Vorläufig sei diese Schieferdecke Safierdecke genannt. In ihr kommen ebenfalls noch Grünschiefer vor.

Es bleibt nun noch ein Gebiet zu beschreiben übrig, nämlich die Schieferzone nördlich der Piz Aulkette bis zum Gotthardmassiv, welche den längst bekannten, von Heim entdeckten Triaszug Chirone-Peiden enthält. Hier hatte ich ebenfalls das Glück, einige Feststellungen machen zu können, welche ein helles Licht auf die Tektonik werfen. Meine Begehungen sind jedoch noch zu summarisch, um die auf meiner tektonischen Karte gegebene Darstellung eine endgültige nennen zu können.

Heim selbst scheint schon den erwähnten Triaszug im Verdacht gehabt zu haben, nicht einheitlich zu sein, sondern vielleicht aus mehreren Horizonten zu bestehen. Und das ist in der Tat der Fall! Es kann nicht daran gedacht werden, den Zug, welcher von Silgin-Jumials her südlich von Oberkastels nach Tersnaus und weiter in die Gegend von Camuns durchzieht, mit demjenigen in Verbindung zu bringen, welcher, nördlich von Oberkastels am Rande der Glennerschlucht auftauchend, an der Strasse zwischen der Brücke und Furth wieder erscheint und im gleichen Niveau liegt mit den Dolomiten am Ausgang des Duvinertobels beim Bad Peiden. Und wiederum kein Zusammenhang dürfte bestehen zwischen letzterem und dem durch die Poststrasse blossgelegten Dolomit südlich der Pitaschermühle.

Noch wichtiger aber ist, dass den obersten Triashorizont auch Gneis begleitet. Er fand als willkommenes Baumaterial in den meisten Dörfern der Gegend, hauptsächlich in Oberkastels Verwendung, und auch die zum Teil aus ihm bestehenden Strassenprellsteine sollen in der Nähe gebrochen worden sein. Ich habe ihn vorläufig nur am Pfad von Furth nach Run-Camuns festgestellt, aber auch, etwas

weiter entfernt, im Hintergrund des Duvinertobels, unterhalb Farduz, ferner mehrmals am Weg von dort nach Duvin in Blöcken gefunden. Seine Verbreitung ist demnach eine recht beträchtliche. Petrographisch stimmt er vollkommen überein mit dem Gneis von Zervreila. Aus diesem Grund ist es ausgeschlossen, dass der Gneis-Trias-Komplex von Oberkastels-Tersnaus nach Südwesten in jenen Triaszug verlängert werden kann, der, nördlich Campo vorbeiziehend, unter das Molaremassiv einfällt. Vielmehr ist an eine Verbindung mit dem vor kurzem von Argand (6) als Äquivalent der Lebendundecke erkannten Gneis von Predoira-Soazza bei Olivone zu denken. Auch für den Triaszug Furth-Peidenbad scheint mir dies wahrscheinlich, denn das Profil Nr. 4 von Rolle (25) lässt vermuten, dass jener Gneis bei Olivone in zwei Horizonte geteilt ist, ähnlich wie die Walliser Lebendundecke auch. Erst der Pitascherdolomit würde dann vielleicht der nördlichste Ausläufer desjenigen von Campo sein. Um Klarheit in diese Verhältnisse zu bringen, bedarf es noch der gründlichen Erforschung der Gegend Vrin-Piz Terri-Olivone, die ich mir angelegen sein lassen will.

Zur weitern Gliederung der Schiefermassen zwischen dem Tersnauser Triashorizont und der Stirn der Auldecke können einzig und allein in Verbindung mit den Grünschiefern die beiden weitausgedehnten Gneisquarzitzüge dienen, wovon der eine vom Felskessel nördlich Mont-Travesasch über die Alp Wanne und den Piz Regina zum Tgiern Vanescha verläuft, der andere von der Südseite des Tieftales zum Piz Alpettas. Wenn man bemerkt, wie der nördliche von oben nach unten (die Schichtung fällt ca. 60° nach Süden) an Mächtigkeit abnimmt, der südliche sich überhaupt nur in den höhern Partien nachweisen lässt, so wird man dies ursprünglichem Zusammenhang und späterer Schuppung zuschreiben. Wenn ferner dicht unter dem südlichen Quarzit im Tieftal und im Bach südlich Travesasch Grünschiefer auftritt, so kann wohl unter Voraussetzung, dass dasselbe Verhältnis am nördlichen noch nachgewiesen werden wird, der Grünschiefer von Conschairola (südlich Tersnaus) zusammen mit dem westlich Camuns und Duvin sowie auf der Alp Muretg als ungefähre obere Grenze des normalen Mesozoikums des Gneises von Oberkastels-Run aufgefasst werden. Denn überall in unserem Gebiet sind die grünen Gesteine eines der letzten Glieder der Schichtfolge.

Nun bleibt nichts anderes mehr übrig, als die Schieferschuppe Pala de tgiern-Alp Blengias (nördlich Piz Terri) zur Rheinwalddecke und die Schuppe Travesasch-Vanescha zur Fanelladecke zu rechnen. Indem wir so zum Ausgangspunkt dieses Kapitels zurückkehren, erinnern

wir uns, dass wir im Bisherigen tatsächlich von dem doch sicherlich, wenigstens stirnwärts, vorhandenen nachtriadischen Mesozoikum dieser beiden Decken, mit Ausnahme der Schistes lustrés am Valserberg, noch nichts erfahren haben.

V. Regionaltektonik.

Nachdem es einmal feststand, dass in der früheren rhätischen, jetzigen Margnadecke die Dent Blanche-, in der vereinigten Tambo-Surettadecke die Monte Rosadecke des Wallis wieder zu erkennen seien, und nachdem Argand im Predoiragneis die Lebendundecke in Bünden nachgewiesen hatte, somit der untere Teil der Adula der Monte Leonedecke entsprechen musste, kam etwas Unbefriedigendes in die Parallelisierung dadurch hinein, dass für die im Wallis so mächtige Bernharddecke kein anderes Äquivalent in Bünden vorhanden zu sein schien als „die oberen Adulalappen". Jeder, der mit der alpinen Tektonik vertraut, das vorige Kapitel durchgelesen hat, dürfte schon eingesehen haben, wie die vorliegenden Forschungsresultate einen neuen starken Beweis für die Richtigkeit der Argand-Staub'schen Identifikation der Bündner- und Walliserdecken erbringen. Es wäre daher eigentlich überflüssig, in dieser Hinsicht noch viele Worte zu machen, hätte diese Theorie nicht noch so zahlreiche Gegner und Zweifler.

Unsere Rheinwalddecke entspricht der Monte Leonedecke. Nicht nur zeigen beide dieselbe charakteristische Stirnaufbiegung, sondern auch die Einfaltung der nächsthöheren Decke ist vollkommen identisch. Die Betrachtung von Schardt's Simplonprofil (30) lehrt dies mit voller Deutlichkeit. Der einzige Unterschied ist, dass dort die Einfaltung bedeutend mächtiger, dafür aber um so kürzer ist.

In den zahlreichen, lokaltektonisch wohl die Bezeichnung Decken verdienenden, regionaltektonisch vielleicht eher Schuppen oder Lappen zu nennenden Komplexe, die ich über der Rheinwalddecke nachgewiesen habe, wiederholt sich die intensive Zerschlitzung der Bernhardstirn. Hier im Osten reicht sie nur viel tiefer südwärts in die Decke hinein, was leicht dadurch zu erklären ist, dass hier die gewaltige Last der ostalpinen Decken alles äussert ausgewalzt haben mag, was im Westen dieser Belastung gar nicht unterworfen war. Die Gneisfetzen an der Basis der oberen Schuppen zeigen grosse Ähnlichkeit mit jenen geringmächtigen Gneishorizonten, die Argand auf seinen Profilen inmitten der Schistes lustrés zeichnet und die von ihm „vermisseaux" genannt werden.

Wenn nun schon diese Zerschlitzung, die an keiner anderen Stelle des alpinen Penninikums vorkommt, Beweis genug für die Parallelisierung der obern Adula mit der Bernharddecke ist, so gibt es noch zwei Punkte, die einer näheren Betrachtung bedürfen.

Ein wichtiges petrographisches Merkmal der Bernharddecke ist die Serie jener alkaliamphibolitführenden Gneise und Schiefer des Val de Bagne, die von U. Grubenmann (12) und T. Wojno (47) studiert worden sind. Von diesen petrographisch so ausserordentlich wechselvollen, prächtigen Glaukophan- und Crossitgesteinen, die ich durch die Freundlichkeit ihres neuesten Bearbeiters Herrn J. F. Zürcher kennen zu lernen Gelegenheit hatte, ist im Gebiet der Adula nichts zu finden. Es wurde aber schon erwähnt, dass die Amphibolite der Fanelladecke sich zum Teil durch eine auffallend bläuliche Hornblende auszeichnen, welche ein Übergangsglied von der gewöhnlichen Hornblende zu den Alkaliamphibolen darstellt. In der Bernharddecke selbst treten nach Osten hin an Stelle der Alkaliamphibolite gewöhnliche Amphibolite und die Übereinstimmung bleibt demnach gewahrt. Denn ebensowenig wie das Fehlen der Kinzigite und blauen Granite der Valpellineserie der Dent Blanchedecke in der Fedozserie der Margnadecke ein Einwand gegen die Zusammengehörigkeit der beiden sein kann, liesse sich die Abwesenheit der blauen Gesteine in der Adula ins Feld führen gegen ihre Verbindung mit der Bernharddecke.

Ein weiteres, sehr auffallendes Charakteristikum der Bernharddecke ist ihre rückwärtige Umbiegung, unter welcher die Stirn der Monte Rosadecke eintaucht. Von etwas Ähnlichem scheint in Bünden zunächst keine Rede sein zu können. Aber wenn man seine Aufmerksamkeit auf die denkwürdige Tatsache richtet, dass sowohl hier wie dort solche Einzelheiten wie die Stirnaufbiegung der Monte Leone-Rheinwalddecke und ihre Verfaltung mit der hangenden Decke, die tiefe Synklinale der Monte Rosa- und Tambo-Surettadecke, die Verdoppelung der Lebendundecke sich erhalten, so kann man nicht leugnen, dass es sehr auffallend und wenig befriedigend wäre, wenn dasselbe nicht zuträfe für die viel bedeutendere Rückenumbiegung der Bernharddecke. Davon ausgehend, bin ich zu einer Hypothese gelangt, die ich, wenn auch auf die Gefahr hin, damit keinen Beifall zu erwerben, doch hier ausführen will, weil ich wahrscheinlich selbst keine Gelegenheit haben werde, ihre Richtigkeit oder Unrichtigkeit im Felde nachzuprüfen.

Von jeher ist der sog. Rofnagneis deutlich unterschieden worden von den eigentlichen Surettagneisen. Er bildet die Stirn der Suretta-

decke. Der Gneis der Burgruine Splügen, welcher mit ihm übereinstimmt, ist von Wilckens (43) westwärts bis über das Areuetal hinaus verfolgt worden, einer Stelle, die bereits tiefer als die Tambostirn liegt. Die stärker metamorphen Rofnagesteine weisen makroskopisch beträchtliche Ähnlichkeit mit den Adulaaugengneisen der Misoxer Mulde auf, weniger dagegen mit denjenigen von Vals. Sollte die ganze Rofnamasse vielleicht ein durch den Vorstoss der Surettadecke nach Norden verfrachteter Teil der Aduladecke und somit das Äquivalent jenes rückwärtigen Knies der Bernharddecke sein? Dass die von Rüetschi (28) publizierten Analysen der Rofnagesteine gut mit meinen eigenen über die normalen Adulagneise und den Valser Augengneis übereinstimmen, will nichts beweisen, zum mindesten solange die chemische Erforschung der übrigen penninischen Gneise eine so mangelhafte ist wie bisher. Vom Vorhandensein mesozoischer Gesteine als südlicher Grenze des Rofnagneises ist nichts bekannt. Rüetschi gibt an, dass dieser dort an Amphibolite und „Eklogite" anstösst, ohne dass ein Eruptivkontakt festgestellt werden konnte. Man bekäme „den Eindruck, dass das Rofnagestein jünger sei als die Amphibolite"; wieso, ist nicht ausgeführt. Die Grenze sei stark verdeckt mit Trümmern und schwierig zugänglich. Nach Rolle (25) ist der Rofnagneis vom dunkelglimmerigen Surettagneis getrennt durch eine Zone von Glimmerschiefer. Im übrigen ist es bekannt, wie oft schon das Suchen nach hypothetisch geforderten Gesteinen oder Schichtgliedern erfolgreich war. Auch an der Grenze zwischen Rheinwald- und Fanelladecke liegt auf weiten Strecken Gneis auf Gneis, ohne dass mesozoische Gesteine vorhanden wären.

In die Rofnamasse reichen von oben drei Triasmulden tief hinunter. Sie stehen ausserordentlich steil, fast senkrecht, wie man auf dem Profil bei Rüetschi sehen kann. Keineswegs aber liegen sie so flach, wie Staub (38) auf seinem Sammelprofil es dargestellt hat, entsprechend einem, sagen wir „tektonischen Gefühl", auf das solche Steilstellung beim Mangel eines nördlich gelegenen Hindernisses fast beleidigend wirkt. Wohl können die Molare- und die Rheinwalddecke unter dem stauenden Einfluss des nahen Gotthardmassives ihre Stirnen ausweichend nach oben richten, für die Suretta fehlt eine solche Ursache. Ausserdem ist ihre liegende, die Margnadecke, in der Schamserregion gerade in umgekehrter Richtung von Süden nach Norden geschuppt. Die Stirn der Monte Rosadecke weist keine derartigen Mulden auf. All dies würde sich erklären durch die Annahme, dass eben durch das rasche Vorrücken der Suretta das rückwärtige Knie der Adula eingestossen wurde und deren ursprünglich

flachgelagerten obersten vier Schuppen sich dabei steil aufrichteten, wie es in den orogenetischen Profilen darzustellen versucht wurde.

Liesse sich die Hypothese beweisen, wäre dies eine weitere willkommene und interessante Übereinstimmung der Bündener- und Wallisertektonik.

VI. Faciesverteilung und Orogenese.

Ein so betiteltes Kapitel darf einer tektonischen Arbeit, die ein einigermassen beträchtliches Gebiet umfasst, nicht mehr fehlen; darf man doch auch nicht vergessen, dass der Charakter der Geologie immer ein geschichtlicher bleibt, dass sie nicht allein die Naturdokumente lesen und beschreiben soll, sondern deren Aussagen zu einem Bild des historischen Geschehens zu gestalten ihre Hauptaufgabe ist.

Lange Zeit hat es fast als Dogma gegolten, dass die Alpen ihre Entstehung einem einmaligen, ziemlich plötzlichen Vorgang zur Tertiärzeit zu verdanken hätten. Es wurde eine alte hercynische und eine junge tertiäre Faltung angenommen, durch eine lange Zeit der Ruhe getrennt. Die jüngste Entwicklung der Alpengeologie lässt eine solche Anschauung nicht mehr zu und wieder sind es Argand (7) und Staub (38), die in meisterhafter Grundlegung der Embryotektonik der Alpen dargelegt haben, wie seit der Permzeit die Bewegung niemals aufgehört, wie in weit sich ausdehnenden Geantiklinalen die Decken sich langsam vom Grunde des Meeres erhoben, wie sie durch das ganze Mesozoikum hindurch deutlich zu verfolgen sind, unter vielen Schwankungen wachsen, um schliesslich im Tertiär in gewaltigem Paroxismus den Aufbau der Alpen durch Aufeinanderschub, gegenseitige Einwicklungen und Abquetschungen zu vollenden. Und es ist diese Synthese nicht ein blosses Bild der Spekulation, sondern zwingende Folgerung aus der Verteilung der Facies in den verschiedenen Perioden der Erdgeschichte. Es kann nicht meine Absicht sein, hier einen Auszug aus diesen Arbeiten zu geben, nur so viel sei erwähnt, dass das penninische Gebiet von Staub folgendermassen gegliedert wird:

Penninische Grossgeosynklinale	1. Nordpenninische Geosynklinale	
	2. Adula-Geantiklinale	
	3. Mittelpenninische Geosynklinale	Misoxer G. S. Tambo-Suretta G. A. Castione G. S.
	4. Margna-Geantiklinale	
	5. Südpenninische Geosynklinale	

Diese penninische Geosynklinale war die eigentliche Thetis, der tiefste Teil des Mittelmeeres zwischen dem eurasiatischen Kontinent und der indoafrikanischen Scholle. Nördlich davon lag die Flachsee des helvetischen Ablagerungsgebietes, das hercynische Vorland, im Süden breitete sich die Grossgeantiklinale der unterostalpinen Region aus.

Sei als Grundlage der Faciesbezeichnung in unserem Gebiet folgendes Schema angenommen:

hochneritisch: grobklastische Bildungen (Breccien, Konglomerate),
tiefneritisch: Quarzite, Gneisquarzite, Kalke, Dolomite, Rauhwacken,
hochbathyal: vorwieg. kalkreiche, tonerdearme Bündnerschiefer;
tiefbathyal: vorwiegend tonerdereiche, kalkarme oder -freie Bündnerschiefer,

dann erhalten wir das in folgender Tabelle niedergelegte Bild für Teilelemente der Adula:

	Trias	Lias
Safierdecke	tiefneritisch	tiefbathyal?
Tomüldecke	tiefneritisch-hochbathyal	hochbathyal mit tief- u. hochnerit. Einlagerungen
Auldecke	tiefneritisch-hochbathyal	hochbathyal-tiefneritisch
Augengneisschuppen	hochbathyal	hochbathyal
Valserdecke	S. hochbathyal N. tiefneritisch-hochbathyal	hochbathyal
Fanelladecke	tiefneritisch	tiefbathyal, nach oben mehr und mehr hochbath. und tiefneritisch
Rheinwalddecke	tiefneritisch	
Lugnetzerschuppen	tiefneritisch	tiefbathyal

Im Gesamtbild des Penninikums tritt demnach die Adula deutlich als Geantiklinale hervor, wenn auch weniger als in Staub's Darstellung, letzteres hauptsächlich eine Folge des Fehlens des Verrucano im Perm. Das Bild wird jedoch kompliziert durch die ausserordentliche Schuppenbildung. Die Hauptentwicklung des neritischen Lias liegt in den Breccien der Tomüldecke vor. Aber diese Partie gehört

nicht zur Stirnregion der mächtigsten Gneisentwicklung, sondern stammt aus weit südlicherer Gegend.

Ich will nicht versuchen, diese Verhältnisse in künstlicher Weise der Staub'schen Theorie anzupassen, sondern einen etwas abweichenden Weg der Erklärung beschreiten, welche zugleich Licht auf manch andere Erscheinung werfen soll.

Wenn heute die tertiäre Alpenfaltung nur noch als der letzte Akt einer langsamen Bewegung angesehen wird, die vielleicht seit der hercynischen Faltung niemals aufgehört hat, so darf man wohl noch einen Schritt weiter gehen, indem man diese Bewegung so weit beschleunigt, dass zu Ende der Jurazeit die penninische Region mit Ausnahme ihrer hangendsten, der Margnadecke, ihre heutige Gestaltung in den Hauptzügen vollendet hatte. Wenn wir dies nicht tun, sind wir gezwungen anzunehmen, dass in den bathyalen Ablagerungen der Bündnerschiefer der Nordtessiner Gneisdecken und der Adula überall nicht bloss der sicher bewiesene Lias vorliegt, sondern in genau derselben Ausbildung auch Dogger, Malm, Kreide und Tertiär, denn die Sedimentation könnte hier ebensowenig wie im Helvetischen und Ostalpinen unterbrochen worden sein. Aber in diesen Gebieten ist nirgends etwas Derartiges je nachgewiesen worden. Erst im Mesozoikum der Margnadecke ist Malm und wohl auch Kreide sicher in Form der Radiolarite und Aptychenkalke, die auch auf dem Rücken der Surettadecke im Bergell aufgefunden worden sind. C. Schmidt glaubt in der Viamala ebenfalls Kreide annehmen zu können (32).

Wie wir gesehen haben, ist in der Synklinale zwischen der Rheinwald- und der Fanelladecke keine Spur von Schistes lustrés aufzufinden, überall nehmen wir nur die Dolomite, Rauhwacken und weissen Marmore der Trias wahr. Man könnte dies, wenn man wollte, so erklären, dass eben die liasischen Bündnerschiefer durch die Fanelladecke nach vorne abgeschert worden seien. Aber dann hätten — und man darf nicht vergessen, dass gerade die der Rheinwalddecke vorgelagerten Schiefer zu den kalkarmen und dunkelsten, also leicht unterscheidbaren gehören — immerhin einige Reste von ihnen zurückbleiben müssen, ebenso wie es mit dem Komplex solcher Schiefer am Valserberg zwischen Fanella- und Valserdecke der Fall ist, während weiter nördlich nur noch Trias sich vorfindet. Viel wahrscheinlicher dürfte es sein, dass die Fanelladecke bereits am Ende der Trias über die Rheinwalddecke geschoben wurde, so dass Lias sich überhaupt hier nicht ablagern konnte. Im Wallis hingegen ist er an dieser Stelle, zwischen Monte Leone- und Bernharddecke vorhanden und das würde darauf hindeuten, dass der Schub in der

Adula früher begann und nach Westen, wie leicht verständlich, eine Verzögerung erfuhr. In gleicher Weise findet sich in den rückwärtigsten Synklinalteilen der Tessinerdecken, wie es scheint, nur Trias, ebenso zwischen Tambo und Suretta, und erst weiter vorne auch Lias. Die Deckenbewegung des Penninikums begann während der Trias und setzte sich während der Sedimentation des Lias ununterbrochen fort, so zwar, dass zur Zeit der grünen Intrusionen und Ergüsse jener Zustand erreicht war, der auf Profil Nr. 2, Tafel IV, dargestellt ist: wärend die Tessiner- und die unteren Aduladecken bereits ihre volle Ausbildung erlangt hatten, befanden sich die oberen Schuppen der Adula, und weit mehr noch die Tambo-Suretta-, sowie die Margnadecke immer noch in embryonaler Anlage. Der Valser Augengneis muss jedoch schon im frühesten Lias überschoben worden sein, in seinem Liegenden finden wir keine Grünschiefer (mit Ausnahme der sekundär unterfalteten im Norden) und die Bündnerschiefer erreichen keine grosse Mächtigkeit.

Die Bewegung geht weiter: ohne dass noch Zeit zu bemerkenswerter Ablagerungsmöglichkeit bliebe, fährt die Valserdecke direkt über die Grüngesteine der Fanelladecke (Valserberg), auf ihrem Rücken die Augengneisdecke passiv mitnehmend. Auf den Grünschiefern der Auldecke aber können sich noch Liassedimente ablagern und zwar um so mehr, je länger sie noch nicht von der Tomüldecke überschoben sind. In der Tat: bei Nufenen und am Valserhorn liegt die Überschiebungsfläche ihnen weit näher als etwa auf der Alp Rischuna oder am Piz Seranastga. Dementsprechend noch grössere Schiefermassen oberhalb der Grünschiefer enthält die Tomüldecke im Safiental. Und dass gerade das liasische Alter dieser hangendsten Partien einer der obersten Adulateildecken, der Auldecke, durch Fossilfunde festgestellt ist, beweist, dass wirklich Malm, Kreide und Tertiär hier fehlen und somit auch ihre Annahme in den tieferen Decken rein willkürlich wäre.

Hier ist wohl auch der Ort, folgendes zu bemerken: Wie bekannt und wie die vor einigen Jahren erschienene Arbeit von van Holst-Pellekaan (19) über die Scopi- und die in Aussicht stehende von L. J. Krige (22) über die Pioragesteine zeigen, sind die Bündnerschiefer der tiefsten Tessinerdecken ganz bedeutend stärker metamorphosiert als diejenigen zum Beispiel der Adula. Es ist dies nunmehr leicht erklärlich: jene sind eben seit dem Lias den durch mächtige Überlagerung bedingten umwandelnden Kräften unterworfen, diese dagegen erst seit dem Tertiär; jene gehören der mittleren Zone im Sinne Grubenmanns an, diese der obern. Dieser Unterschied

in Zeit und Zone gestaltet dieselbe Substanz einerseits zu den hochmetamorphen, ausserordentlich interessanten Pioraschiefern, andererseits zu den langweiligen, faulen Phylliten des Lugnetz, des Safiental es, des Heinzenberges. Und nicht anders ist es mit dem Altkristallin. Aber auch die Gesamtmasse des Mesozoikums nimmt von unten nach oben zu, entsprechend der verlängerten Sedimentationsdauer.

Noch vor dem Malm findet nun die Überschiebung der Tambo-Surettadecke statt; in ihrem Liegenden lagert sich kein solcher mehr ab, wohl aber auf ihrem Rücken (Bergell), und an ihrer Stirn (Viamala), an ihrer Wurzel bei Castione aber wiederum nicht, denn bereits vorher hatte die nächste Decke ihre Bewegung nach Norden begonnen. Nun gar in der Margnadecke können sich natürlich noch beträchtliche Malm- und sogar Kreideablagerungen bilden, und zwar sind letztere an der Stirn bekannt als Gerölle von Urgon- und Quintnerkalk im Prättigauflysch, auf dem Rücken beide als Radiolarit-Aptychenkalkkomplexe mit bunten Schiefern, an der Wurzel als abyssaler Radiolarit (im Canavese). Die Deutung dieser Tatsachen lässt sich im Lichte meiner Hypothese noch mehr vertiefen, nämlich folgendermassen: die sich am Südrande des Gotthardmassives immer höher und höher aufstauenden Massen der untern und mittleren penninischen Decken müssen nach und nach aus der bathyalen in die neritische Zone hinaufgelangt und teilweise wohl auch der Abtragung über dem Meere unterworfen worden sein. Da entstanden, zuerst spärlich, die Breccien und Quarzite in der Tomüldecke, die Gneisquarzite im vorgeschobenen Mesozoikum der Rheinwald- und Fanelladecke und ganz entsprechend immer reichlicher auch in der heranrückenden Stirn der Margnadecke, die Kalke, Quarzite, Gneisquarzite, die Vizan- und Taspinitbreccien des Schams und Oberengadins, die groben Dolomitbreccien am Dolin. Diese letzteren zeigen, dass die Erosion bis auf die Triasschichten ging, ja sogar noch weiter bis ins Altkristallin, denn die Taspinitgerölle stammen von diesen. Hiermit ist auch die Antwort auf die Frage gegeben, wo denn der Hauptteil des Mesozoikums der Rofnaschuppen und der Surettastirn zu suchen wären, nachdem bereits die ganze Masse der nördlich gelegenen Bündnerschiefer den einzelnen Adulaschuppen zugeteilt worden ist. Es ist eben zum weitaus grössten Teil abgetragen worden und nur die Reste sind heute noch vorhanden. Aber auch die Kreideablagerungen, und bezeichnenderweise nur die neritischen, gerieten bald in die Erosionszone und lieferten die erwähnten Gerölle in dem transgredierenden Prättigauflysch. Denn im Tertiär muss das Flyschmeer über das frühere Festland des Penninikums hinweg den hel-

vetischen und südpenninischen Ablagerungsraum verbunden haben. Auf dem Rücken aber der Margna konnten sich wohl bathyale und gegen ihre Wurzel sogar abyssale Kreideschichten ablagern. Sie bildete den Steilabsturz des penninischen Festlandes hinunter in die südpenninische Geosynklinale. Die Aufwölbung der penninischen Wurzelzone in ihre jetzige Lage erfolgte ja erst viel später, als auch die ostalpinen Decken bereits gebildet waren, im Zusammenhang mit der dinarischen Einsenkung.

Bekanntlich sind an der Stirn der Bernharddecke die neritischen Ablagerungen ausserordentlich mächtig entwickelt, viel bedeutender als in der entsprechenden Region der Adula. Es ist dies leicht verständlich, wenn man bedenkt, dass mit der gewaltigen Entwicklung des kristallinen Kerns der Bernharddecke im Westen die Auftürmung der Schubmassen eine grössere Höhe erreichen musste, so dass die Meeresoberfläche viel früher erreicht wurde als im Osten.

Dafür, dass im Wallis die Bernharddecke s. s. gegenüber ihren liegenden, den Simplondecken weit überwiegt, während das Verhältnis hier in Bünden gerade umgekehrt ist, hat Staub (38) eine Erklärung zu geben versucht, die wohl das richtige treffen dürfte.

Noch eine andere Frage muss hier berücksichtigt werden, nämlich diejenige nach den Wurzeln der helvetischen Decken. Bekanntlich treten in der Gegend von Bonaduz, schon Theobald bekannt, einige Partien helvetischer Facies zutage. Sie wurden einlässlich dargestellt von Arbenz und W. Staub (1). Überlagert werden sie von Bündnerschiefern, die somit hier nahe an das untertauchende Aarmassiv heranreichen. Sie können wohl als Wurzelzone der Glarner- und Mürtschendecke aufgefasst werden, welch letzterer sie faciell am nächsten stehen, dagegen bietet es einige Schwierigkeiten, die Reduktion zu erklären, welche die höheren helvetischen Decken erfahren müssten, um zwischen ihnen und den Bündnerschiefern zu wurzeln. Die genannten Autoren kommen zum Schluss, dass „entweder die fehlenden Partien ausgequetscht oder weggeschoben oder der Erosion anheimgefallen sind". Für die letzte Möglichkeit spricht die Unebenheit der Bonaduzer Überschiebungsfläche. Das Problem würde aber ein etwas verändertes Gesicht erhalten, wenn man anerkennt, dass die penninische Region vorkretazisch gefaltet ist, dass zur Malmzeit etwa jener Zustand vorlag, wie er im Profil 4 auf Tafel IV darzustellen versucht wurde. Damals schon oder kurz nachher dürfte die Bewegung der obern helvetischen Decken über die untern hinweg begonnen haben, da in ihren rückwärtigen Teilen das Hangendste der letzteren wie auch der Felsen bei Bonaduz Malm ist.

Die Bündnerschiefer stossen noch weit nordwärts vor, wahrscheinlich als Ganzes, wobei sie mehr oder weniger als „Pseudokern" des oberen Helvetikums wirken mögen. Die endgültige tertiäre Überschiebung des Unterostalpinen dann hat diese Verbindung zerstört, die oberen helvetischen Decken von den zurückbleibenden Bündnerschiefermassen abgetrennt und noch etwas weiter nach Norden verfrachtet, in ähnlicher Weise, wie dies mit der Brecciendecke als Stirn der Errdecke, der Klippendecke als solcher der Berninadecke geschah, wo die Zusammenhänge heute nur noch kümmerliche sind. Wir brauchen demnach die Wurzeln der obern helvetischen Decken gar nicht in der Gegend von Bonaduz zu suchen und brauchen auch keine Erosion derselben anzunehmen, deren klastisches Material übrigens doch auch irgendwo geblieben sein müsste.

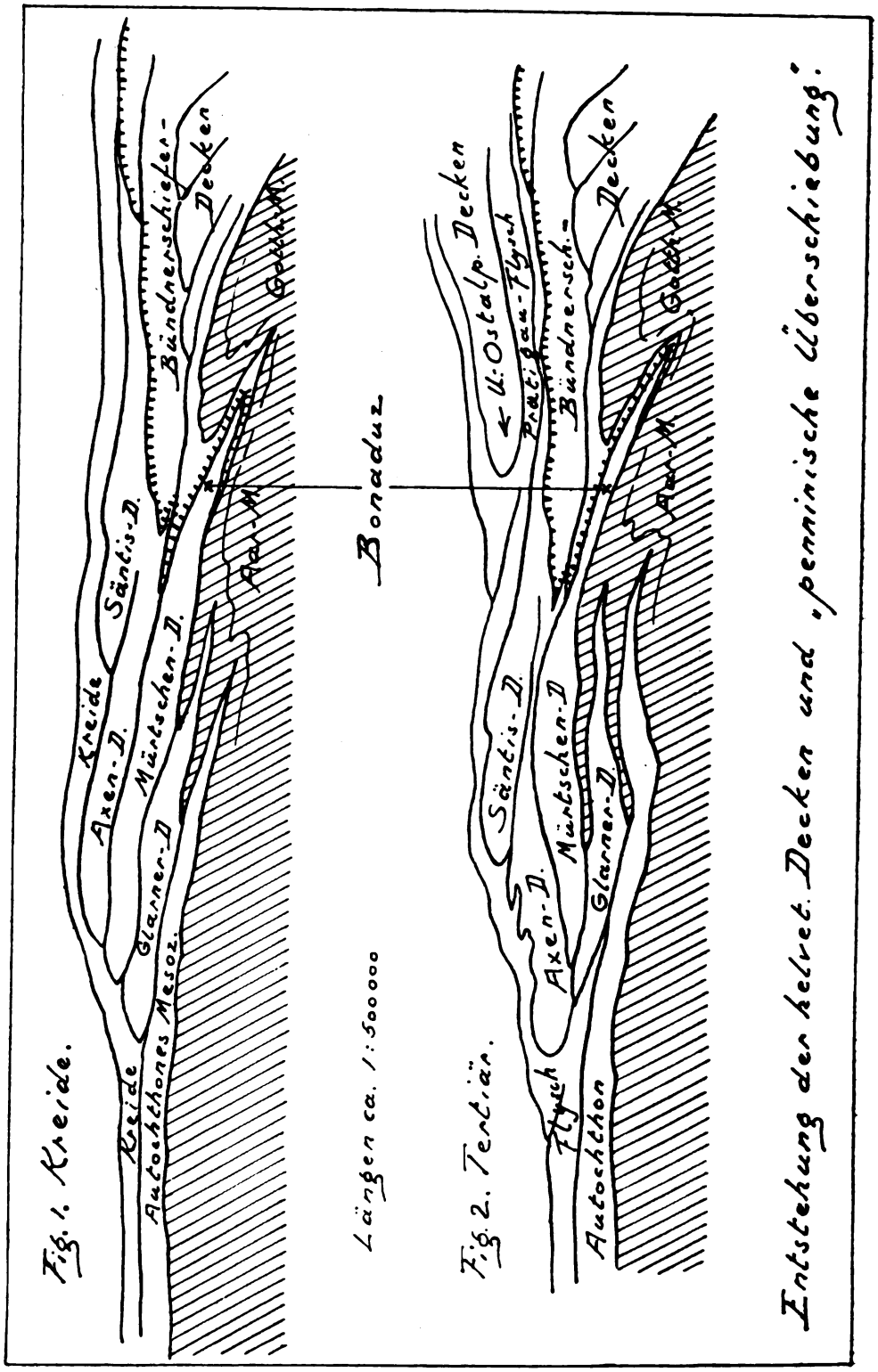
Ich halte es für das beste, durch folgende zwei schematische Skizzen die Profile der Tafel IV, die schon fertig gezeichnet sind, nachträglich zu ergänzen, um das eben Gesagte besser zu verdeutlichen.

Dieses Kapitel zusammenfassend darf also gesagt werden, dass die Argand-Staub'sche embryotektonische Theorie der Alpen dahin zu erweitern ist, dass die Absatzgebiete der nord- und mittelpenninischen Geosynklinalen zur Kreidezeit nicht mehr existiert haben, sondern an ihre Stelle eine Antiklinale getreten war, entstanden durch den in den Hauptzügen vollendeten Zusammenschub der unter- und mittelpenninischen Decken am Rande des eurasiatischen Kontinents.

Nie hat es seit dem Paläozoikum eine Pause in der Alpenfaltung gegeben: der hercynischen Faltung folgte in Trias und Jura die Bildung der penninischen, in Kreide und Tertiär diejenige der helvetischen und ostalpinen Decken.

L. Kober hat schon 1911 das vortertiäre Alter des oberostalpinen Deckenschubes nachgewiesen, welches durch die sog. Transgression der Gosau (obere Kreide) deutlich zutage liegt. Tertiär kennen wir nur in den vordersten Teilen der ostalpinen Decken.

Zum Schluss sei noch speziell darauf hingewiesen, dass die Theorie der allmählichen Alpenfaltung erlaubt, eine nicht rein mechanisch-tektonische Erklärung für eben diese denkwürdige Erscheinung zu geben, dass, je mehr wir uns der Stirn einer Decke nähern, im allgemeinen immer jüngere Schichten auftreten. Die Sedimentation erfolgte während der Bewegung unaufhörlich weiter und konnte immer nur den noch nicht im Hangenden überschobenen Teil der Decke erreichen. Theoretisch würde daraus folgen, dass die facielle Verwandtschaft übereinander liegender Decken eine um so



Entstehung der helvet. Decken und „penninische Überschiebung".

nähere sein müsse, je jüngere Schichten wir der Betrachtung unterwerfen, eine Schlussfolgerung, deren Berechtigung vielleicht durch künftige Arbeiten festgestellt wird.

Nachtrag.

Nach dem Abschluss meines vorliegenden Berichtes erschien eine Arbeit von Chr. Tarnuzzer: Die prähistorischen Bergstürze im oberen Safiental (LVIII. Jahresbericht d. Naturf. Ges. Graub. 1918). Ich bin der Meinung, dass es sich hier nicht um eigentliche Bergstürze handelt, sondern um Rutschgebiete mit langsamer Bewegung. Im Profil ist das Fallen der Bündnerschiefer auf der Westseite des Tales von Tarnuzzer unrichtig dargestellt. Diese sowohl wie die hangenden grünen Schiefer fallen ursprünglich fast genau mit dem Talhang ein. Unter der Last der Grünschiefer geraten die viel weniger widerstandsfähigen, an vielen Stellen dem Einfluss der Atmosphärilien ausgesetzten Bündnerschiefer ins Rutschen und auf diese Weise entsteht das zum Teil widersinnige Einfallen beider Gesteine. Diese Frage ist jedoch hier von geringer Bedeutung. Wichtig dagegen ist das Vorkommen von Blöcken altkristalliner Gesteine beim „Turahuus" („beim Turm" der topogr. Karte), welches Tarnuzzer aufgefunden hat und das er benutzt, um den obern „Bergsturz" vor das Ende der letzten Vergletscherung zu setzen, indem er die Heimat dieser Gesteine bei Vals vermutet. Ich meine, dass die Blöcke einen andern Ursprung haben dürften: auf der Ostseite des Tales, in den „Nollen", tritt die Trennungsfläche der Tomüldecke von der Safierdecke zutage, charakterisiert durch den von Zyndel nachgewiesenen Dolomit und sicherlich auch durch noch unbekannte Fetzen von Gneis. Von hier aus war der Weg zum „Turahuus" gewiss näher als von Vals. Gletschertransport braucht dabei keine Rolle zu spielen.

Auch die neueste Arbeit von J. Königsberger: Über alpine Minerallagerstätten (Abh. K. Bayer. Ak. Wiss. math.-phys. Kl. XXVIII. Bd., 10, 1917), erfordert einige Bemerkungen, natürlich nicht ihres mineralogischen Inhalts wegen, wohl aber in bezug auf einige petrographisch-stratigraphische Angaben über die Valser Gegend.

Dass der Adulagneis „ein kaum zu entwirrender Komplex von Injektionsgneisen, Orthogneisen, Porphyren, Hornfelsen, Granuliten,

Paragneisen" sei, der nach Süden in Glimmergneis übergehe, „dessen Glimmer braun bis schwarz ist" und in dem „auch Orthogneise und Aplite, ferner Kontaktschollen mit reichlichem Granat und Epidot" vorkämen, kann ich nur als eine unnötige Verkomplizierung des wirklichen Sachverhaltes ansehen.

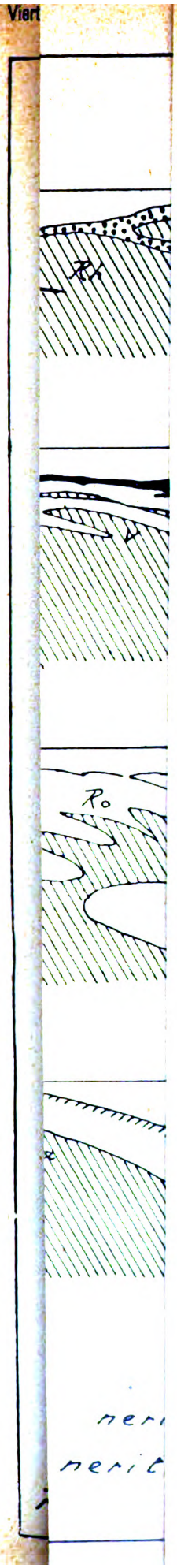
Fernerhin sollen die „graphitoidfreien Glimmerschiefer" des Piz Aul permokarbonisch sein. Die „echten" mesozoischen Bündnerschiefer sollen Kalkkarbonat enthalten (pag. 9, lin. 9 v. u.), die paläozoischen nicht (pag. 17, lin. 7 v. u.). Unglücklicherweise sind am Piz Aul gerade die mit Salzsäure am fröhlichsten aufbrausenden Schiefer der ganzen Zone versammelt.

Die quarzitischen und gneisquarzitischen Bündnerschiefer weiter nördlich werden als „gneismetamorphes Permokarbon" erklärt, der Marmorhorizont Piz Alpettas-Buccarischuna als Trias. Ich habe begründet, warum ich im Gegenteil eines wie das andere zu den jüngsten Ablagerungen des Gebiets rechne.

Wenn mit der Bezeichnung der Grünschiefer als eingeschmolzene Sedimente eine Erklärung derselben im Sinne Termiers (Congr. géol. intern. Stockholm 1910) angedeutet werden soll, so wird darüber noch zu reden sein. Wirkliche Einschmelzungen können sie nicht sein, weil sie meistenteils in sicher nichteruptiver Umgebung liegen.

Die Resultate, welche Frl. E. Heydweiller bei der Erforschung der Misoxer Mulde und des mittleren Teils der Aduladecke gewonnen hat, in den Kreis der Betrachtung zu ziehen, bin ich nicht ermächtigt. Jedermann wird seinerzeit leicht die Verbindung beider Gebiete über den Hinterrhein herstellen können und die Übereinstimmung erkennen.

Ich freue mich, dass Herr R. Gsell, welcher den Flimser Bergsturz bearbeitet hat, in bezug auf die Wurzeln der helvetischen Decken zu ähnlichen Vermutungen gekommen ist wie ich, gestützt auf Anhaltspunkte stratigraphischer Art im unteren Safiental (mündliche Mitteilung). Eine genaue Bearbeitung des Heinzenberges und des Domleschg ist dringend zu wünschen! Höchst wahrscheinlich wird ihr Resultat die Auffindung helvetischer Reste über dem Penninikum, wenn nicht die Feststellung eines direkten Überganges zwischen Margnastirn und Helvetikum sein. Aber selbst ein negatives Ergebnis wäre nicht zu verachten.


Viert
Ro

Zu Tafel III.

Auf dieser Tafel sind allein die Verhältnisse dargestellt, wie sie sich der Beobachtung direkt ergeben. Die tektonische Deutung kann leicht aus der Karte und Profil 4 auf Tafel IV ersehen werden.

Zu Tafel IV.

Erklärung der Abkürzungen:

helv. = helvetischer Ablagerungsraum.
GM = Gotthardmassiv.
Mo = Molare- (Lucomagno-)decke.
Si = Simanodecke.
L = Lugnetzerschuppen (Lebendun).
Rh = Rheinwalddecke (Mte Leone).

F = Fanelladecke
V = Valserschuppen
A = Auldecke
To = Tomüldecke
Sa = Safierdecke
Ro = Rofnaschuppen
} (St. Bernhard)

Ta = Tambodecke
Su = Surettadecke
} (Mte Rosa)

Ma = Margnadecke (Dt. Blanche).

Die Grüngesteine der südlichen Decken sind mangels genauer Angaben weggelassen. Die vertikalen Ausdehnungen sind auf sämtlichen Profilen zum Teil stark übertrieben.

Benutzte Literatur.

1. Arbenz, P. und Staub, W., Die Wurzelregion der helvetischen Decken im Hinterrheintal und die Überschiebung des Bündnerschiefers südlich von Bonaduz. Vierteljahrsschr. d. Naturf. Ges. Zürich. 55. 1910.
2. Argand, E., Carte géologique du massif de la Dent blanche. Mat. carte géol. Suisse, n. s. XXIII, carte spéciale n° 52. 1908.
3. — L'exploration géologique des Alpes Pennines Centrales. Bull. Lab. Géol. etc. Université Lausanne, n° 14. 1909.
4. — Les nappes de recouvrement des Alpes Pennines et leurs prolongements structuraux. Mat. carte géol. Suisse n. s. XXXI. 1911.
5. — Les nappes de recouvrement des Alpes Occidentales. Carte structurale et coupes. Mat. carte géol. Suisse, carte spéciale n° 64. 1911.
6. — Sur les plis transversaux des Alpes Occidentales et sur la tectonique du Tessin septentrional. Soc. Neuchâtel. sciences nat. 1915.
7. — Sur l'arc des Alpes Occidentales. Ecl. geol. Helv. Vol. XIV, 1. 1916.
8. Diener, C., Geologische Studien im südwestlichen Graubünden. Sitz.-Ber. Kais. Akad. d. Wiss. Wien. Math.-Nat. Klasse XCVII. 1888.
9. Escher, A. und Studer, B., Geologische Beschreibung von Mittelbündten. Neue Denkschr. d. schweiz. naturf. Ges. Bd. II. 1839.
10. Freudenberg, W., Das mesozoische Alter des Adulagneises. Ber. 41. Vers. oberrh. geol. Ver. Ulm. 1908.
11. — Der Trias-Gneis-Kontakt am Ostrand des Adulamassivs etc. N. J. Min. etc. Beil.-Bd. XXXVI. 1913.
12. Grubenmann, U., Über einige schweizerische Glaukophangesteine. Festschrift H. Rosenbusch. Stuttgart. 1906.
13. Heim, Alb., Geologische Karte der Schweiz, 1 : 100000, Blatt XIV. 1885.
14. — Geologie der Hochalpen zwischen Reuss und Rhein. Beitr. geol. Karte der Schweiz, 25. Lief. 1891.
15. — Geologische Begutachtung der Greinabahn. Vierteljahrsschr. d. Naturf. Ges. Zürich. 1906.
16. — Über die nordöstlichen Lappen des Tessinermassivs. Ebenda.
17. — Der Bau der Schweizeralpen. Neujahrsbl. d. Naturf. Ges. Zürich. 1908.
18. — Geol. Karte der Schweiz, 1 : 500000, II. Aufl. 1911.
19. Holst-Pellekaan, W. van, Geologie der Gebirgsgruppe des Piz Scopi. Diss. Zürich. 1913.
20. Klemm, G., Bericht über Untersuchungen an den sog. „Gneisen" und den metamorphen Schiefergesteinen der Tessineralpen. Sitz.-Ber. Ak. Wiss. Berlin. I. 1904, I. 1905, I. 1906, I. 1907.

21. Kober, L., Über Bau und Entstehung der Ostalpen. Mitt. geol. Ges. Wien. 1912.

22. Krige, L. J., Petrographische Untersuchungen im Val Piora. Manuskript (Ecl. geol. Helv. 1918).

23. Meyer, H., Geologische Untersuchungen am Nordostrand des Surettamassivs. Ber. Naturf. Ges. Freiburg i. B. Bd. XVII. 1909.

24. Preiswerk, H., Die Struktur der nördlichen Tessineralpen. Ecl. geol. Helv., Vol. XII, 2. 1912.

25. Rolle, F., Das südwestliche Graubünden und nordöstliche Tessin. Beitr. geol. Karte d. Schweiz, 23. Lief. 1881.

26. — Geol. Karte der Schweiz, 1 : 100000, Blatt XIX. 1882.

27. Rothpletz, A., Über das Alter der Bündnerschiefer. Zeitschr. deutsche geol. Ges. 47. 1895.

28. Rüetschi, G., Zur Kenntnis des Rofnagesteines. Ecl. geol. Helv. Vol. VIII, 1. 1903.

29. Schardt, H., Renevier, E. und Lugeon, M., Geol. Karte der Schweiz, 1 : 100000. Blatt XVI. 1899.

30. Schardt, H., Tectonique du Simplon. Ecl. geol. Helv. Vol. VIII, 2. 1904.

31. Schmidt, C., Beiträge zur Kenntnis der im Gebiet von Blatt XIV der geol. Karte der Schweiz in 1 : 100000 auftretenden Gesteine. Anhang zur XXV. Lief. d. Beitr. z. geol. Karte der Schweiz. 1891.

32. — Über die Geologie der Simplongruppe und die Tektonik der Schweizeralpen. Ecl. geol. Helv. Vol. IX, 4. 1907.

33. — Bild und Bau der Schweizeralpen. Basel. 1907.

34. Schmidt, C. und Preiswerk, H., Geol. Karte der Simplongruppe, mit Profilen u. Erläuterungen. Beitr. geol. Karte d. Schweiz, Lief. XXVI, Spezialkarte Nr. 48. 1908.

35. Staub, R., Zur Tektonik der südöstlichen Schweizeralpen. Beitr. geol. Karte d. Schweiz, n. F. XLVI. Lief., 1. Abt. 1916.

36. — Tektonische Karte der südöstlichen Schweizeralpen. Ebenda. 1916. Spezialkarte Nr. 78.

37. — Das Äquivalent der Dent Blanchedecke in Bünden. Vierteljahrsschr. d. Naturf. Ges. Zürich. 1917.

38. — Über Faciesverteilung und Orogenese in den südöstlichen Schweizeralpen. Beitr. geol. Karte d. Schweiz, n. F., XLVI. Lief., III. Abt. 1917.

39. Steinmann, G., Das Alter der Bündnerschiefer. Ber. Naturf. Ges. Freiburg i. B. Bd. IX, 3, 1895 und Bd. X, 2, 1898.

40. Studer, B., Geologie der Schweiz. 1851.

41. Tarnuzzer, Übersicht der Marmorvorkommnisse in Graubünden. Jahresber. d. Naturf. Ges. Graub. N. F. 47. 1905.

42. Welter, O. A., Stratigraphie und Bau der Alpen zwischen Hinterrhein und Safiental. Ecl. geol. Helv. Vol. X, 6. 1909.

43. Wilckens, O., Über den Bau des nordöstlichen Adulagebirges. Centr.-Bl. für Min. etc. 1907.

44. — Über die Existenz einer höheren Überschiebungsdecke in der sog. Sedimenthülle des Aduladeckmassivs. Monatsber. deutsche geol. Ges. 61. 1909.

45. — Über die Faltung im Adulagebirge. N. J. Min. etc. 1910.

46. Wolff, F. v., Der Vulkanismus. 1. Bd. Stuttgart. 1915.

47. Woyno, T. J., Petrographische Untersuchung der Casannaschiefer des mittleren Bagnetales (Wallis). N. J. Min. etc. 1911. Beil.-Bd. XXXIII.

48. Zyndel, F., Tektonik von Mittelbünden. Ecl. geol. Helv. Vol. XI, 3. 1910.

49. — Über den Gebirgsbau Mittelbündens. Beitr. geol. Karte d. Schweiz, n. F. 41. Lief. 1912.

50. — Kurze Mitteilung über die Bündnerschieferregion des Schams und Avers. Ecl. geol. Helv. Vol. XII, 4. 1913.

Prinzipienfragen der Vegetationsforschung.

Ein Beitrag zur Begriffsklärung und Methodik der Biocœnologie

von

H. Gams.

(Als Manuskript eingegangen am 27. März 1918.)

Einleitung.

Ταράσσει τοὺς ἀνθρώπους οὐ τὰ πράγματα,
ἀλλὰ τὰ περὶ τῶν πραγμάτων δόγματα.

Epiktet.

„Nicht die Tatsachen verwirren die Menschen, sondern die Lehrmeinungen über die Tatsachen". Ein umfangreiches Tatsachenmaterial liegt angesammelt durch die unermüdliche Arbeit der „allgemeinen" und „systematischen" Botaniker und Zoologen, der Pflanzen- und Tiergeographen und Ökologen, (welche Bezeichnungen eine spätere Zeit vielleicht ebenso belächeln wird wie wir die Botanici collectores curiosi, die Methodici nomenclatores oder die Botanophili anomali des Linnaeus). Die vorliegende Arbeit soll ein Beitrag zur Klärung einiger der von diesen Forschern erarbeiteten Begriffe und Methoden sein und ein Versuch, Missverständnisse aus dem Wege zu räumen, die künftiger Forschung im Wege stehen. Es handelt sich zumal um einige der meistgebrauchten Begriffe der Vegetationsforschung, der Erforschung der Lebensgemeinschaften überhaupt.

Es mag dies bei der immer unübersehbarer anschwellenden Literatur ein verwegenes Unterfangen scheinen; aber jeder selbständige Forscher muss sich nun einmal mit diesen Fragen auseinandersetzen, wenn er sich nicht blindlings einer „Schule" anvertrauen will. Die Aussichten auf eine internationale Verständigung sind ja leider in nicht absehbare Ferne gerückt. Vielleicht haben Vorschläge von neutralem Boden aus am ehesten Aussicht, Beachtung zu finden.

Es kann weder meine Aufgabe sein, die ganze Entwicklung der untersuchten Begriffe und Methoden darzustellen — das haben zum Teil schon Bessere besorgt —, noch auch nur die wichtigsten schon erreichten Resultate wiederzugeben — das ist Sache der Lehrbücher.

Man befürchte nicht, es handle sich um das Produkt eines nur kompilierenden und deduzierenden Neulings. Die Hauptergebnisse sind vielmehr aus jahrelangem innigem Verkehr mit der freien Natur, aus induktiver Arbeit hervorgegangen, auch wo sie begrifflicher und methodologischer Natur und daher notwendig deduktiv sind; nicht zuletzt auch aus der Analyse von etwa 1400 eigenen Bestandesaufnahmen. Die Durchsicht der sehr umfangreichen Literatur erfolgte grösstenteils erst nachträglich.

Als Humboldt von seiner 1799—1803 ausgeführten Tropenreise heimgekehrt war, begründete er seine „Ideen zu einer Geographie der Pflanzen" mit folgenden Worten:

„Nach einer fünfjährigen Abwesenheit von Europa . . . hätte ich vielleicht eilen dürfen, eine kurze Schilderung meiner Reise bekannt zu machen. Ich hätte mir sogar schmeicheln können, dass diese Eile den Wünschen des Publikums gemäss gewesen wäre, von dem ein grosser Theil einen so aufmunternden Antheil an meiner persönlichen Erhaltung und dem Fortgange meiner Unternehmungen geäussert hat. Aber ich habe geglaubt, dass es nützlicher für die Wissenschaften sey, ehe ich von mir selbst und den Hindernissen spreche, welche ich in jenen entfernten Weltgegenden zu überwinden hatte, die Hauptresultate der von mir beobachteten Erscheinungen in ein allgemeines Bild zusammenzufassen."

Meine Untersuchungen sind viel bescheidenerer Natur, aber ich durfte mich doch auch des Interesses hervorragender Fachkollegen erfreuen. Als eine erste vorwiegend gedankliche Frucht dieser Arbeit möchte die vorliegende Abhandlung gelten. Seit 1913 bin ich mit einer umfassenden Monographie des Gebietes der Gemeinden Saillon, Fully und Outre-Rhône im Unterwallis beschäftigt, eines Gebietes, dessen Geologie, Gefässpflanzenflora und Insektenfauna wie die weniger anderer Gebiete der Erde seit zwei Jahrhunderten erforscht worden sind. Es lädt aber auch dank seinem unerschöpflichen Reichtum wie wenig andre zu immer neuer Durchforschung ein. Thurmann rühmte von seinem den ganzen Jura samt den Nachbargebieten umfassenden Untersuchungsgebiet, dass man nicht oft auf so engem Raum so verschiedene Lebensbedingungen vereint finde, Ströme, Bäche, Seen, ausgedehnte Sümpfe, fruchtbare Ebenen, reiche Weinberge, sandige Heiden, Ginster- und Buchsgebüsche, ausgedehnte Berg- und Alpenwiesen, Flach- und Hochmoore in allen Höhenlagen, Gesteine aller Art, und dass es daher in besonders hohem Grad zu vergleichender Forschung geeignet sei. Das gilt nahezu im selben Umfang und in noch höherm Grad von meinem keine 80 km² umfassenden engern Untersuchungs-

gebiet. Mitverwertet wurden viele eigene Beobachtungen aus andern Teilen der Schweiz, dazu auf mehreren Auslandreisen gesammelte Erfahrungen und schliesslich die im Literaturverzeichnis zusammengestellten Schriften.

Mein besonderer Dank gebührt Herrn Prof. Hans Schinz für das meinen Untersuchungen bezeugte Entgegenkommen und Interese. Für zahlreiche Belehrungen und Anregungen spreche ich den Herren Prof. Schröter, Dr. Brockmann-Jerosch, Dr. Rübel, Dr. Braun-Blanquet, Prof. Rikli und Dr. Thellung, die mir auch in zuvorkommendster Weise ihre Privatbibliotheken zur Verfügung gestellt haben, meinen wärmsten Dank aus. Es drängt mich um so mehr, diesen Herren und allen andern, aus deren Arbeit ich schöpfen konnte, den Lebenden wie den Toten, herzlich zu danken, als ich nicht den falschen Schein erwecken möchte, als ob dort, wo ich zu abweichenden Anschauungen gelangt bin, irgendwelche persönliche Motive mitspielen könnten. All die Genannten haben ihren Anteil an dem, was sich von den folgenden Untersuchungen als brauchbar erweisen sollte.

Die Verantwortung für die darin enthaltenen Mängel trägt der Verfasser allein. Wenn ich glaubte, einige neue Wörter einführen zu sollen, so geschah es, teils um Missverständnissen vorzubeugen, die aus der Verwendung alter vieldeutiger Namen entstehen, teils der Kürze des Ausdrucks halber. Ich schliesse mit den Worten Sendtners:

„Möge mir nicht verargt werden, dass ich, obgleich selbst nicht frei von Gebrechen, mit Nachdruck die der andern getadelt habe. Vieles schlechte hat bei uns in Bayern (und anderwärts? Verf.) das Recht der Existenz bloss der Rücksichtnahme auf Personen und Verhältnisse zu danken, die immerhin ihren Wert haben mag, aber gegen die Interessen der Wahrheit und der Wissenschaft zurückstehen muss. Verfalle ich ja selbst der Rüge, wo ich gefehlt habe, und werde ich sie dankend anerkennen, wo sie begründet ist."

Zürich, am Neujahrstag 1918.

I. Das Wesen der Bioccenologie.

Unter der Biologie verstehe ich mit Treviranus, Häckel, Tschulok u. a. die Lehre von den Lebewesen. Die verschiedenen Versuche, die Biologie zu gliedern, hat Tschulok (1910, vgl. auch Hesse 1912) eingehend dargestellt und diskutiert. Es ist scharf zu unterscheiden zwischen den herkömmlichen, der Lehre, aber auch der Forschung dienenden und den rein logischen Einteilungen. Jene hat Tschulok einer sehr berechtigten und gründlichen Kritik unterzogen. Das folgende gilt nur für die logische Einteilung der „reinen" Biologie, nicht aber für die angewandten Disziplinen.

Um zu einem logischen System der Biologie zu gelangen, unterscheidet Tschulok einerseits nach „formalen Gesichtspunkten" die Biotaxie, die begriffliche Beziehungen untersucht, von der Biophysik, die reale Beziehungen untersucht. Nach „materiellen Gesichtspunkten" unterscheidet er:

1. Systematik 3. Physiologie 5. Chorologie 7. Genetik.
2. Morphologie 4. Ökologie 6. Chronologie

Ohne die Berechtigung dieser Klassifikation irgendwie in Frage zu ziehen, gruppiere ich die möglichen Fragestellungen in etwas anderer Weise:

An jedem Naturobjekt sind viererlei Beziehungen festzustellen:

A. Das Verhalten der Teile (zueinander und zur Umwelt).

B. Die Einteilung der Vielheit.

C. Die Verteilung auf der Erde.

D. Die Verteilung in der Erdgeschichte.

Jede dieser Beziehungen kann entweder statisch oder dynamisch erforscht werden. Darnach unterschied wohl als erster A. P. de Candolle (1813) statische und dynamische Wissenschaften, ähnlich Häckel (1866) innerhalb der Zoologie. Die Statik untersucht die in einem gegebenen Zeitpunkt gegebenen Beziehungen (ob diese nun begrifflich oder real seien, ob „morphologisch", „geographisch" oder „stratigraphisch"), die Dynamik das Verhalten dieser Beziehungeu in der Zeit (sowohl in Minuten wie in Jahrmillionen). Es deckt sich diese Einteilung weder mit derjenigen in Biotaxie und Biophysik von Tschulok, noch mit der entsprechenden in idiographische und nomothetische Wissenschaften von Windelband (vgl. Tschulok 1910, p. 180).

Es ergeben sich hieraus 8 oder 9 Fragestellungen, nach denen jedes Naturobjekt zu erforschen ist, die im wesentlichen den 7 „materiellen Gesichtspunkten" von Tschulok entsprechen, mit dem Unterschied, dass Physiologie und Ökologie einander genähert und dass Taxonomie und Genetik weiter zerlegt werden.

Nach dem Objekt kann man die Biologie in zwei Hauptgebiete sondern:

I. Die Lehre von den Einzelorganismen, die ich (in Anlehnung an Idiographie) als Idiobiologie bezeichnen möchte, und

II. Die Lehre von den Organismengesellschaften, die ich als Biocœnologie oder Biocœnotik bezeichne. (Dieses Wort ist sinngemässer als „Cœnobiologie", da es sich um die Erforschung der Biocœnosen, nicht der Cœnobien handelt).

Nach diesen drei Einteilungsprinzipien ergibt sich ein dreidimensionales System der Biologie, das sich in folgender Weise darstellen lässt:

System der Biologie

	I. Lehre von den Einzelorganismen = Idiobiologie		II. Lehre von den Organismengesellschaften = Biocœnologie	
	a) Statik	b) Dynamik	a) Statik	b) Dynamik
A. Verhalten der Teile, zueinander (1) und zur Umwelt (2)	Morphologie	Physiologie (1) Autökologie (2)	Qualitative und quantitative Analyse[2]) der Organismengesellschaften	Symphysiologie (1) (= Korrelationslehre)[3]) Synökologie s. str. (2)
B. Einteilung der Vielheit	morphologische Systematik	autökologische Systematik[1])	biocœnologische Systematik[4]) (topographisches Vegetationssystem)	Synökologische Systematik s. str.[5]) (ökologisches Vegetationssystem)
C. Verteilung auf der Erde	Lehre von der räumlichen Verbreitung (Areale) der Arten = Autochorologie	Lehre von der Arealveränderung der Arten = Epiontologie s. str.	Lehre von der räumlichen Verbreitung der Organismengesellschaften = Synchorologie	Lehre von den localen Sukzessionen[6])
D. Verteilung in der Erdgeschichte	Stratigraphie = Autochronologie	Phylogenetik	Synchronologie	Lehre von den säkulären Sukzessionen[7])

[1]) = Systematik der Lebensformen und Aspekte (Kap. III). [2]) Kap. IV. [3]) Kap. VII 3 b.

[4]) Kap. VIII b. [5]) Kap. VIII a. [6]) Kap. VI. [7]) Kap. VI.

Statt „Autökologie" (Schröter), „Autochorologie" und „Autochronologie" (Rübel), wozu noch die „Autogenetik" Rübels (= Epiontologie + Phylogenetik) kommt, würde man sprachlich richtiger Idiökologie, Idiochorologie usw. sagen. Doch liegt kein zwingender Grund vor, die einmal eingeführten Namen zu ersetzen. Dem Wort „Idiobiologie" steht dagegen noch keine „Autobiologie" hindernd im Weg.

Das „natürliche System" oder die Taxonomie im engern Sinn findet hier keinen besondern Platz, es resultiert aus der morphologischen und autökologischen Systematik einerseits, der Phylogenetik und Epiontologie (Wettstein!) andrerseits.

Man beachte, dass jede dynamische Disziplin sich notwendig auf der entsprechenden statischen aufbaut. Dass dieses Verhältnis der Physiologie und Ökologie zur Morphologie klar zum Ausdruck kommt, scheint mir der Hauptvorzug dieser Gruppierung gegenüber derjenigen Tschuloks, auf der sie zur Hauptsache beruht.

Praktisch zerfällt jedes dieser Gebiete in ein botanisches und ein zoologisches; logisch ist diese Scheidung einzig innerhalb der Idiobiologie berechtigt.

Man wird fragen, wo in meinem System die Pflanzengeographie oder Geobotanik und die Tiergeographie bleiben. Da dies davon abhängt, wie weit man diese Begriffe fasst, muss ich klarlegen, wie sich die hauptsächlichsten Begriffsbestimmungen und Einteilungen der „Biogeographie" mit meinem System homologisieren. Zur Bezeichnung der einzelnen Begriffe bediene ich mich der Ziffern und Buchstaben der vorstehenden Tabelle, α bedeutet, dass nur Pflanzen, β, dass nur Tiere berücksichtigt werden.

Die geschichtliche Entwicklung und den Gegenstand der Pflanzengeographie haben besonders ausführlich Engler (1899) und kürzlich Rübel dargelegt, so dass ich mich mit wenigen Begriffsbestimmungen begnügen kann. Gemeinhin versteht man unter Vegetation die pflanzliche Decke eines beliebigen Abschnitts der Erdoberfläche. Da jedoch kein logischer Grund den Ausschluss der Tierwelt innerhalb der Organismengesellschaften rechtfertigt, so rechne ich auch die Tierwelt zur Vegetation. „Vegetationsforschung" brauche ich somit als mit Biocœnologie gleichbedeutend. Der Vegetation eines Gebietes stehen dessen einzelne Bewohner gegenüber; die Summe der pflanzlichen ist dessen Flora, die der tierischen dessen Fauna. Die begriffliche Scheidung zwischen Flora und Vegetation ist instinktiv wohl schon längst vollzogen worden, aber noch heute sind Verwechslungen häufig. Noch bei Heer und Sendtner ist die Trennung nicht scharf

durchgeführt; bewusst und klar hat sie meines Wissens erst Thurmann (1849) vollzogen. Er sagt unter anderm: „Pour connaître à fond la végétation il faut connaître la flore, mais on peut avoir étudié la flore sans s'être rendu un compte exacte et complet de la végétation .... La végétation peut être luxuriante et la flore pauvre, le sol stérile et la flore riche."

Wie schon die Namen „botanische Geographie" (Willdenow) und „Geographie der Pflanzen" (Humboldt) besagen, befassten sich diese „Väter der Pflanzengeographie" vornehmlich mit der geographischen Verbreitung der einzelnen Pflanzen, also I C α, und zwar, wie ich in Kapitel VI zeigen werde, nicht nur mit I C a, sondern auch bereits mit I C b, ja selbst mit II C b α. Die Pflanzengeographie oder Geobotanik (Grisebach) umfasst durchaus nicht, wie vielfach angegeben wird (z. B. von Hesse 1912), nur (I + II) C α. Das mag eine Analyse der Systeme von Thurmann, Grisebach, Drude, Flahault, Engler, Schröter, Diels und Rübel belegen.

Thurmann (1849) unterscheidet eine Phytostatique géographique = I C (a + b) α und eine Phytostatique topographique = I A b 2 α + II A a α.

Grisebach (1866) unterscheidet eine topographische Geobotanik = II (A + C) a α, eine klimatologische = I A b 2 α, und eine geologische = I (C + D) (a + b) α.

Drude (1890) stellt folgende Gesichtspunkte der Pflanzengeographie auf:

A. Die Pflanze in ihrer biologischen Entwicklung (Lebensgestaltung) unter dem Einfluss bestimmter von Ort zu Ort wechselnder äusserer Lebensbedingungen oder erweiterte klimatologische Geobotanik = I A b 2 α + I C a α.

B. Die Ausbildung gemeinsamer Areale für bestimmte einheitliche Gruppen des Pflanzensystems im Verlauf der Erdentwicklung, und die Wirkung der grossen Verbreitungssperren auf die an jedem Orte sich zusammenfindende Flora oder erweiterte geologische Geobotanik = I (+ II p. p.) (C + D) (a + b) α.

C. Der Geselligkeitsanschluss bestimmter Pflanzenarten unter bestimmten biologischen Grundformen zu einer nach Standorten und Ländern verschiedenen, zusammenhängenden oder lichten Vegetationsdecke oder erweiterte topographische Geobotanik und Vegetationsphysiognomie = II (A + B + C) (a + b) α + I B b α.

D. Die Veränderungen der Pflanzenareale und der natürlichen Vegetationsdecke durch die menschliche Kultur = (I + II) C b α p. p.

Flahault (1900) unterscheidet die Botanique floristique = I(B+C)(a+b)α und die Géographie botanique = II(A+B+C)(a+b)α.

Engler (1899) teilt die Pflanzengeographie folgendermassen ein:

I. Floristische Pflanzengeographie
   1. floristisch-statistische oder floristisch-systematische Richtung = I(B+C)aα.
   2. floristisch-physiognomische Richtung = (I+II)Bbα p. p.
   3. floristisch-geographische Richtung = (I+II)Caα + physiographische Gliederung.

II. Physiologische Pflanzengeographie
   1. physikalisch-physiologische Richtung = IAb2α p. p. + Physiographie p. p.
   2. bionto-physiologische Richtung = (I+II)Ab2α p. p.
   3. ökologische Pflanzengeographie = (I+II)Ab2α p. p. +IIBaα.
   4. physiologische Pflanzenformationslehre oder Formationsbiologie = II(A+B+C)bα.

III. Entwicklungsgeschichtliche Pflanzengeographie (Epiontologie A. de Candolle).
   A. florengeschichtliche Pflanzengeographie = ICbα+IDaα.
   B. systematisch-entwicklungsgeschichtliche oder phylogenetische Pflanzengeographie = IDbα.

Schröter (1902) modifiziert diese Einteilung wie folgt:

I. Floristische Pflanzengeographie
   1. Florenkatalog = I(B+C)aα p. p.
   2. statistische Floristik = ICaα p. p.
   3. physiognomische Floristik = (I+II)Bbα p. p.
   4. geographische Floristik = (I+II)Caα p. p. + physiographische Gliederung.

II. Physiologische Pflanzengeographie
   1. wie bei Engler,
   2. ökologische Pflanzengeographie,
      α) Autökologie = IAb2α,
      β) Synökologie = II(A+B)aα+II(A+B+C)bα.

III. wie bei Engler.

Diels (1908) gliedert folgendermassen:

I. Floristische Pflanzengeographie = I(B+C)aα+I(A2+C)bα p. p.

II. Ökologische Pflanzengeographie = I(A+B)b2α+II(A+B+C p. p.)(a+b)α.

III. Genetische Pflanzengeographie = I(C+D)bα+IID(a+b)α.

IV. Übersicht der Florenreiche = physiographische Gliederung + (I+II)Caα p. p.

Rübel (1917) unterscheidet in Anlehnung an Tschulok

1. die autochorologische Geobotanik = I C (a + b) α
2. die synchorologische Geobotanik = II (B + C) a α
3. die autökologische Geobotanik = I (A 2 + B) b α + Physiographie p. p.
4. die synökologische Geobotanik = II A (a + b) α
5. die autogenetische Geobotanik = I (C + D) b α
6. die syngenetische Geobotanik = II (C + D) b α

Schliesslich sei noch der Paläophytogeographie von Brockmann (1914) gedacht, die II D (a + b) α entspricht.

Ganz analog könnte natürlich auch die Tiergeographie gegliedert werden, doch wird davon fast ausschliesslich I (B + C) (a + b) β behandelt, II (B + C + D) β allein lässt sich ja unmöglich durchführen, wenn es auch schon, z. B. von Knopfli, versucht worden ist.

Zusammenfassend kann also gesagt werden, dass weder die Pflanzengeographie, noch die Tiergeographie logisch einheitliche Forschungsgebiete darstellen und dass bei ihrer Umgrenzung und Einteilung vorwiegend praktische Gesichtspunkte massgebend gewesen sind. Es scheint mir daher eine logische Einteilung innerhalb dieser „Wissenschaften", wie diejenige Rübels, wenig Aussicht auf Erfolg zu haben.

Bekanntermassen wird auch das Wort „Biologie" vielfach nicht für I + II, sondern nur für (I + II) A b verwandt, im englischen Sprachgebiet mitunter selbst für I D b, und ebenso wird das von Häckel stammende „Ökologie" nicht nur für (I + II) (A + B) b 2, sondern auch, besonders in England und Amerika, für I (A + B) b + II (A + B + C + D) (a + b).

„Biocœnologie" deckt sich wohl mit keiner bisher gebrauchten Bezeichnung vollkommen[1]), am ehesten noch mit dem englischen „Ecology" und Schröters „Synökologie", die aber beide, gleich der „ökologischen Pflanzengeographie" Warmings, auch noch einen Teil von I (A + B) umfassen, nämlich denjenigen Teil der Morphologie, Physiologie und Ökologie der Einzelorganismen, der nur im Feld, nicht aber, oder nur unvollkommen, im Laboratorium studiert werden kann. Dazu kommen stets noch Teile der Physiographie (Geologie, Hydrologie, Klimatologie), aus dem einfachen Grund, dass die für die Ökologie unentbehrlichen physiographischen Grundlagen bisher von den Physiographen nicht in genügendem Mass geliefert worden sind. Auch

[1]) Wenigstens mit keiner von Botanikern verwandten: die Tierökologen Dahl, Enderlein und Thienemann brauchen das Wort „Biocœnotik" schon länger im selben Sinne. Das von einigen Vegetationsforschern gebrauchte Wort „Formationslehre" ist aus den in Kap. VII 2 ausgeführten Gründen zu verwerfen.

ich sehe mich daher genötigt, der Behandlung biocœnologischer Prinzipienfragen eine solche autökologischer und physiographischer vorauszuschicken, um eine genügende Grundlage zu erhalten. Eine wohlfundierte Klärung der biocœnologischen Begriffe und Methoden ist aber dringend nötig, denn es besteht immer noch jene Verwirrung, die Flahault (1900 und 1901) beklagte und als „une confusion babélique, un dédale inextricable" bezeichnete.

Auch der letzte internationale Botanikerkongress, in Brüssel 1910, vermochte trotz der höchst verdienstvollen Arbeit der Berichterstatter Flahault und Schröter zu keiner Einigung zu führen. Wenn Pavillard (1912) die Schuld daran im „verschiedenen wissenschaftlichen Temperament" der Berichterstatter sehen will, so ist zu erwidern, dass seine eigenen Begriffsumschreibungen wie die mancher anderer nur dazu beigetragen haben, die Verwirrung ärger denn je zu gestalten.

Warburg stellte 1899 als eine Einigung begünstigenden Umstand hin, dass sich noch „keine einander bekämpfenden Schulmeinungen herausgebildet haben, die nach naheliegenden Beispielen, namentlich wenn nationale Eitelkeiten hinzukommen, bekanntlich eine Einigung sehr erschweren würden". Das gilt heute leider nicht mehr.

Nur zu oft fehlt es heut an dem, was einen H. B. de Saussure, einen Humboldt, einen Darwin, einen Oswald Heer auszeichnete. die souveräne Beherrschung der physiographischen, botanischen und zoologischen Forschungsmethoden. Sie wird mit dem Fortschreiten der Wissenschaften immer weniger erreichbar. Die Spezialisierung droht besonders in Mitteleuropa zu einem gänzlichen Auseinanderfall der biologischen Teilgebiete zu führen, es droht das Paradoxon zur Tatsache zu werden, dass es nur noch Botaniker und Zoologen (und zwar nur partielle), aber keine Biologen mehr gibt. Soll die Biocœnologie in erspriesslicher Weise fortschreiten, so brauchen wir einerseits so vielseitige Forscher wie Lauterborn, Wesenberg-Lund und Shelford, und andrerseits eine viel geschlossenere Zusammenarbeit der Spezialisten, als sie heute meist erreicht ist.

Bei dem gegenwärtigen Stand der Terminologie muss das von Clements und Harshberger für die geobotanischen Bezeichnungen geforderte Prioritätsprinzip unbedingt verworfen werden. Ich weiss mich darin mit der grossen Mehrheit aller Biocœnologen einig. Wo freilich kein triftiger Grund vorliegt, einen eingeführten Namen zu verwerfen, so soll man diesen beibehalten (Olsson-Seffer 1905).

II. Die physiographischen Einheiten.

Was ich unter den „physiographischen Einheiten" verstehe, wird in der Literatur recht verschieden benannt. Am treffendsten ist wohl die Bezeichnung Flahaults (1900) „unités géographiques et topographiques." Bei Massart (1910) erscheinen sie als „unités géobotaniques", bei Flahault und Schröter (1910) als „Bezeichnungen aus der floristischen Pflanzengeographie", zumeist als Gliederung der „Floren- und Faunenreiche", auch als „Lebensbezirke" oder „lifezones".

1. Die höhern physiographischen oder geographischen Einheiten.

Diese sollen hier nur ganz kurz behandelt werden. Je nach dem Einteilungsgrund und dem Stand der Forschung kann die Erdoberfläche in der verschiedensten Weise gegliedert werden. Für Nordamerika allein kennt Transeau (1909) nicht weniger als 60 verschiedene Einteilungsversuche. Wohl die meisten Einteilungen stützen sich vorwiegend auf das Klima, und da ergibt sich als erste Einteilung die längst durchgeführte in Breitezonen. Den besten Ausdruck für das wirkliche Klima geben nicht einzelne klimatologische Daten, sondern, wie im III. Kapitel gezeigt werden soll, die Lebensformen und Aspekte der Vegetation, auf denen zur Hauptsache die Einteilungen von Köppen (1900) und Raunkiaer (1908) beruhen, wogegen diejenigen von A. de Candolle, Hettner und de Martonne rein klimatologisch, die 18 „Klimagruppen" von Drude (1913) eine Kombination von Klimagruppen im engern Sinn und Aspektgruppen sind.

Innerhalb klimatisch begrenzter Gebiete kann man Zentren (Adams, Transeau) unterscheiden, wo die betreffenden Klimafaktoren in der charakteristischsten Weise kombiniert sind. Die Grenzlinien der Klimagebiete sind die Biochoren (Köppen, Raunkiaer, Vahl).

Wählt man umgekehrt die geologische Entwicklung der Kontinente und ihrer Teile als Einteilungsgrund, so erscheint als ihr bester Ausdruck der Artbestand: die Flora und Fauna. Es ergeben sich als oberste Einheiten die Floren- und Faunenreiche oder Regna (Linné 1750, vgl. z. B. Engler 1879, Diels 1908, Rikli 1913 u. a.).

Zur Umgrenzung der kleinern Einheiten werden sowohl klimatische als geogenetische und edaphische Faktoren benutzt. Meines Erachtens sollte, wie es auch zumeist geschieht, innerhalb der grössten Einheiten nur die Vegetation als bester Ausdruck aller physiogra-

phischen Faktoren massgebend sein. Es hat daher jeder derartigen Einteilung die Erforschung der Vegetation vorauszugehen.

Auf die Unzulänglichkeiten der frühern, meist ganz willkürlichen Einteilungen hat eindringlich Flahault (1900 und 1901, Flahault und Schröter 1910) hingewiesen, besonders auf den Missbrauch der Wörter „Zone" und „Region". Den Vorschlägen der Berichterstatter am Brüsseler Kongress, das Wort Zone auf die grossen Klimagürtel der Erde zu beschränken, für vertikale Einheiten Stufe oder étage und für in „Zonation" (Clements) angeordnete das Wort Gürtel[1]) zu gebrauchen, möchte ich den weitern anfügen, auch mit dem Wort Region entweder so sparsam als möglich umzugehen, oder lieber noch, wie kürzlich Du Rietz vorgeschlagen hat, dasselbe als sämtliche Einheiten umfassend zu gebrauchen, wie es tatsächlich besonders in den romanischen Ländern zumeist geschieht (vgl. z. B. Delpino 1898), und in selber Weise im Deutschen Gebiet, im Englischen area, im Schwedischen område für diesen allgemeinen Gebrauch zu reservieren.

Innerhalb der Klimazonen und Florenreiche komme ich, unter Benutzung der Bezeichnungen von Engler, Drude, Flahault u. a. zu folgenden Einheiten:

Vegetationsbereich = Vegetationsgebiet von Engler und Drude = Region von Schouw, A. P. de Candolle, Flahault u. a. = Realm von Pound und Clements.

Domäne = Provincia von Linné 1750 = Domaine von Flahault 1900 = Provinz von Engler = Region von Drude, Pound und Clements u. a.

Sektor = Secteur von Flahault 1900 = Unterprovinz von Engler = Zone von Drude und Engler.

Distrikt = District von Briquet, Flahault, Pound und Clements, Massart = Bezirk von Engler und Drude = Territorium von Drude.

Subdistrikt = Pagus von Linné 1750 = Sous-district von Flahault = Gau von Drude.

Jeder Distrikt oder Subdistrikt wird durch eine besondere „Klimax-Formation" im Sinne von Cowles und Clements (vgl. Kap. VI und VII) charakterisiert. Im Gegensatz zu Flahault bin ich der Ansicht, dass jede Höhenstufe innerhalb eines Sektors einen besondern Distrikt oder Subdistrikt repräsentiert.

---

[1]) In den romanischen Sprachen wird sich hiefür das Wort „Zone" kaum umgehen lassen, eine Verwechslung mit den grossen Klimazonen ist hier auch wohl ausgeschlossen. Streng genommen sind auch die Stufen in „Zonation" angeordnet.

Bezüglich der Umschreibung der verschiedenen Einheiten verweise ich auf Flahault (1900, 1901) und Drude (1884, 1890, 1896 usw.) Zur Benennung der einzelnen Gebiete wird man sich, wo immer möglich, an die eingebürgerten historisch-geographischen Namen halten. Sprachlich falsche Neubildungen, wie z. B. „Mediterraneis" und „Paläoaridis", sind zu verwerfen.

2. Standort und Lebensort.

Der Begriff des Standorts ist sicher einer der ältesten, wenn nicht der älteste der Vegetationsforschung überhaupt. Er war bereits den antiken Botanikern geläufig. Linné (1750) unterschied 25 „loca" oder „stationes", Wahlenberg (1813) gibt bereits eine ausführliche Beschreibung der Standorte, worin ihm Schouw, Heer und besonders Thurmann folgten. Mirbel (1815) unterscheidet in seiner „Terminologie méthodique" folgende (zitiert nach Clements 1904): *Terrestres: arenariae, saxatiles, ruderales, argillosae, cretaceae, graniticae, oleraceae, hortenses, vineales, agrestes, arvenses, pratenses, sylvaticae, umbrosae, campestres, collinae, montanae (alpestres, alpinae), glaciales, hyperboreae, salinae, littorales, maritimae; Aquaticae: marinae, lacustres, fontinales, fluviatiles, submersae, emersae, fluitantes, natantes, palustres, uliginosae, torfaceae; Amphibiae; Epiphytae, Parasiticae: epirhizae, corticales, epixyloneae, epiphyllae; Subterraneae: interraneae, cavernariae.*

Ferner seien noch genannt Hedenberg (1754, 24 Standorte), A. P. de Candolle (1820), Meyen (1836, 38 Standorte), H. v. Post und viele andere.

Es ist sicher unrichtig, wenn Clements (1904 p. 150) behauptet, der Begriff der „Zonation", den er zum erstenmal bei Tournefort (1717, vgl. darüber Rübel 1917) findet, sei der älteste in der Pflanzengeographie.

Nach Flahault und Schröter u. a. ist der Standort die niedrigste physiographische oder topographische Einheit. 1910 gaben sie folgende, seither allgemein angenommene Definition: „Unter Standort (station, habitat) versteht man die Gesamtheit der an einer geographisch bestimmten Lokalität wirkenden Faktoren, soweit sie die Pflanzenwelt beeinflussen." Dieser Begriff ist meines Erachtens zu dehnbar, denn unter einer „geographisch bestimmten Lokalität" kann man sich alles mögliche vorstellen. 1902 gibt Schröter folgende Definition: „Unter einer Lokalität verstehen wir die Gesamtheit der übereinander liegenden Teile der Litho-, Hydro- und Atmosphäre eines geographisch bestimmten und benannten Raumes, soweit sie durch ihre pflanzlichen Bewohner verbunden sind; unter einem Standort

verstehen wir die sich gleich bleibende Kombination klimatischer und Bodenfaktoren."

Nach diesen Definitionen haben eine Tanne, die ihren Stamm bekleidende *Usnea* und der an ihren Wurzeln lebende Mykorrhizapilz unzweifelhaft denselben Standort, und das vermag ich nicht anzuerkennen. Zudem versteht man gewöhnlich unter einem „Standort" nicht die „ökologischen Faktoren", sondern eben die „Lokalität" und zwar einen nicht zu kleinen Abschnitt der Erdoberfläche, auf dem in den grossen Zügen gleichartige Faktoren eine mehr oder weniger einheitliche Vegetation bewirken; oder wie sich Öttli (1905 p. 7) ausdrückt, „einen jeden in seinen Eigentümlichkeiten häufig wiederkehrenden Bodenkomplex". Schon Kerner (1891) hat den gewöhnlichen Standortsbegriff eingeschränkt, wenn er (im II. Band des Pflanzenlebens p. 218) schreibt: „Die beschränkten Plätze eines Gebietes, welche für das Fortkommen einer bestimmten Art günstig sind, wo die Bedingungen für eine erfolgreiche Lebensführung und für das Festhalten an dem Grundbesitz durch die Nachkommenschaft gegeben sind, und wo die Art sozusagen einen ständigen Wohnort hat, werden Standorte genannt."

Schon viele der „Stationes" bei Mirbel sind keine Standorte mehr im gewöhnlichen Sinn; dass aber innerhalb der Standorte noch kleinere physiographische Einheiten auszuscheiden sind, hat klar und deutlich meines Wissens zuerst Öttli (1905) bei der Untersuchung der Felsenstandorte erkannt. Er nennt „durch irgendwelche gemeinsame Merkmale besonders charakterisierte Stellen des Felsens, die meist nur von einer und derselben Spezies besiedelt werden, den Wurzelort der betreffenden Spezies".

Enderlein (1908, vgl. auch Dahl, Bäbler und Thienemann) unterscheidet innerhalb der „Biosynœcien", die den Standorten im gewöhnlichen Sinn entsprechen (mit Bezug auf die tierischen Bewohner), kleinere Einheiten, die durch einheitliche Existenzbedingungen gekennzeichnet werden und von den „Biocœnosen" (vgl. Kap. VII 3 b) eingenommen werden.

Man könnte den Raum, den ein Individuum einnimmt, sei es nun pflanzlich oder tierisch, wohl am besten als dessen Wohnort oder Lebensraum[1]) bezeichnen.

Massart (1910) führt aus, wie innerhalb eines Standorts im gewöhnlichen Sinn ganz verschiedene „climats locaux" herrschen, in

[1]) Ich fasse diesen Begriff also bedeutend enger als Ratzel (1901), der die gesamte Biosphäre der Erde als „Lebensraum" bezeichnet.

geschützten Felslöchern, auf verschiedenen Flächen von kleinsten Bodenerhebungen oder Felsen (vgl. auch Sernander 1912), selbst auf verschiedenen Stellen eines und desselben Baumstamms. Wie er mit vollem Recht ausführt, erweisen sich hiefür die mit ihrem ganzen Körper an diese „kleinsten Standorte" gebundenen Moose, Flechten und subaerischen Algen als schärfste Reagenzien (vgl. S. 344). Gregor Kraus kommt bei der Untersuchung des Standorts auf dem Wellenkalk (1911) zum Satz: „Es sind auf kleinstem Raum in der Natur eine unendliche Mannigfaltigkeit chemisch und physikalisch verschieden gebauter „Standorte" gegeben."

Nach der Definition von Flahault und Schröter sind die in „kleinsten Lokalitäten" wirkenden Faktoren ebensogut „Standorte" wie die auf „häufig wiederkehrenden Bodenkomplexen", also diejenigen von südexponierter Korkeichenrinde oder feuchtem Renntiermist ebensogut wie ein Torfmoor oder eine Sanddüne. Es scheint mir zweckmässig, hier eine Scheidung vorzunehmen und das Wort „Standort" auf die grössern Einheiten, und zwar auf die Lokalitäten, nicht auf die Faktoren, zu beschränken. Für die „Lokalitäten mit kleinstem Raum" schlage ich die Bezeichnung Lebensort oder Biotop vor. (Der „Biotop" von Dahl entspricht eher dem Standort.) Die Lebensorte sind mit den Wurzelorten von Öttli nicht identisch. Er hat dieses Wort speziell für die Blütenpflanzen der Felsen geprägt; wenn man den „Wurzelort" oder „Lebensraum" derselben etwa mit dem vergleicht, den an der Stelle ihrer Wurzeln, Stengel oder Blätter lebende Kryptogamen einnehmen, so kommen wir zu dem Schluss, dass der „Lebensraum" jeder dieser Blütenpflanzen aus mehreren verschiedenen „Lebensorten" besteht.[1]) Um wie viel mehr gilt das von den Holzpflanzen und erst recht von der beweglichen Tierwelt! Wir kennen erst dann den „Lebensraum" einer Pflanze oder eines Tiers, wenn wir sämtliche auf dieselben einwirkenden Faktoren sämtlicher Lebensorte kennen, die die Teile des Organismus gleichzeitig oder im Laufe seines Lebens einnehmen.

Der Lebensort ist dem „mathematischen Ort" zu vergleichen, er ist ein geometrisches Gebilde, das im Grenzfall linien-, ja punktförmig werden kann. Er ist diejenige physiographische Einheit, an der alle physikalischen und chemischen Faktoren völlig einheitlich sind. Der Lebensraum einer Pflanze (bei einer höhern der „Wurzelort")

[1]) Zu einer ähnlichen Auffassung kamen auch die Tierökologen Enderlein und Thienemann, die von „Lebenskomplexen verschiedenen Grades" erfüllte „ineinander geschachtelte Lebensräume" unterscheiden.

umfasst demnach die Summe aller von ihnen eingenommenen Lebensorte; die darin wirksamen Faktoren resultieren aus allen der an den einzelnen Lebensorten auf den Organismus einwirkenden. Sie sind also für einen Baum wesentlich andere als für ein mit ihm den gleichen „Standort" einnehmendes Gras.

Es liegt nicht im Plane dieser Arbeit, die Wirkungsweise und die Untersuchung der einzelnen ökologischen Faktoren zu behandeln. Doch muss einiges über deren Einteilung gesagt werden. Ich sprach vorhin von physikalischen und chemischen Faktoren. Die sogenannten „biotischen" kommen für die Bestimmung des „Lebensortes" nur sofern in Betracht, als sie die physikalischen und chemischen Faktoren verändern, und bei den physikalischen, wie der Wärme und der Verdunstung, ist es ganz gleichgültig, ob sie durch das Klima oder den Boden bedingt sind.

Schon Lecoq und Sendtner teilten die Faktoren in solche des Klimas und solche des Bodens ein, also nach ihrer Herkunft, nicht nach ihrem Wesen. Schimper hat dafür die Bezeichnungen klimatische und edaphische Faktoren eingeführt. Er beging aber nicht den Fehler, in dieser Unterscheidung einen Unterschied im Wesen und in der Wirkung der einzelnen Faktoren sehen zu wollen, d. h. diese Unterscheidung bei der systematischen Behandlung der einzelnen Faktoren anzuwenden. Er behandelt der Reihe nach das Wasser, die Wärme, das Licht, die Luft, den Boden und als freilich nicht gleichwertige Kategorie „die Tiere". Erst bei der Behandlung der „Formationen", die er nach den „Bodenqualitäten", d. h. im wesentlichen nach den Standorten unterscheidet, teilt er die Faktoren nach ihrer Herkunft in edaphische und klimatische ein.

Es ist zu beachten, dass ein wesentlicher Unterschied zwischen dem „Standort" in meiner Fassung und dem „Lebensort" darin liegt, dass nur für den Standort die Unterscheidung nach edaphischen, klimatischen und organogenen oder biotischen Faktoren (Schröter 1902) vollauf berechtigt ist: die klimatisch bedingten Standorte bleiben innerhalb desselben Distrikts die gleichen, wogegen die edaphisch oder biotisch bedingten viel rascher wechseln. Ganz anders bei den Lebensorten: hier wirken nur die direkten physikalischen und chemischen Faktoren, ganz unbekümmert um ihre Herkunft. Dass unter den „indirekten Faktoren", die die direkten bestimmen, die biotischen von hervorragender Bedeutung sind, wird oft noch zu wenig gewürdigt.

Den meiner Überzeugung nach verhängnisvollen Schritt, die Faktoren bei ihrer systematischen Behandlung in klimatische und edaphische

zu teilen, hat mit andern auch Warming in den verschiedenen Auflagen seines Lehrbuchs der Pflanzengeographie getan. Man wird einwenden, die Einteilung in klimatische und edaphische sei dieselbe wie die in physikalische und chemische Faktoren. Dem ist nicht so. Unter den edaphischen gibt es zahlreiche physikalische, die nicht nach Wesen und Wirken von den entsprechenden klimatischen verschieden sind, sondern nur der Herkunft nach.

Aus der gerügten Einteilung ergeben sich manche Übelstände. So behandelt Warming unter den klimatischen Faktoren auch die chemische Zusammensetzung der Luft, denn edaphisch ist sie nicht. Aber eine Luftvergiftung hat natürlich für den Organismus dieselben Folgen wie eine solche der flüssigen oder festen Nahrung.

Ferner hat man sich z. B. daran gewöhnt, die Wärme nur bei den klimatischen Faktoren zu behandeln. (Dieser Vorwurf trifft Warming nicht.) Die richtige Erkenntnis, dass die Wasservegetation weitgehend unabhängig vom Klima, d. h. in diesem Fall von der Lufttemperatur ist, hat zu der grundfalschen Annahme geführt, dass die Wasservegetation von der Temperatur überhaupt unabhängig sei. Während z. B. Sendtner eingehend die Abhängigkeit der kryptogamischen und phanerogamischen Quellvegetation von der Wassertemperatur studierte, sind solche Untersuchungen eben infolge dieser falschen, freilich wohl nie klar ausgesprochenen Ansicht, seither, ausser von den Hydrobiologen von Fach, arg vernachlässigt worden (vgl. Wesenberg-Lund 1912 und Vahl 1906).

Eine weitere Folge dieser Trennung in klimatische, edaphische und biotische Faktoren war die Lehre von der Ersetzbarkeit der Faktoren (vgl. z. B. Rübel 1913 und Nichols 1917). Sie besagt, dass klimatische, edaphische und biotische Faktoren einander weitgehend in ihrer Wirkung ersetzen können. Bei genauer Prüfung ergibt sich, dass es sich nur um Ersatz der indirekten Faktoren, d. h. der Herkunft der direkten, sehr wahrscheinlich nicht ersetzbaren Faktoren handelt, dass also z. B. klimatisch bedingte Wärme durch edaphisch bedingte Wärme ersetzt werden kann [1]), also etwas nach dem über den Lebensort Ausgeführten ganz Selbstverständliches.

Die Gesamtheit der an einem gegebenen Lebensort oder einer Summe von solchen, d. h. einem Lebensraum, einem Standort oder einer höhern physiographischen Einheit, auf die Organismen einwirkenden Faktoren, seien sie nun physiographisch oder biotisch (d. h. weder

[1]) Nichols (1917 p. 307) unterscheidet von den „regional climatic factors" die „local climatic factors", die er zu den edaphischen Faktoren stellt! Seine Behandlung dieser Frage zeigt die getadelten Fehler besonders deutlich.

physikalisch noch chemisch fassbar), bezeichne ich als die Gesamtökologie der betreffenden Einheit. Mit ihrem Ausdruck durch die Lebewelt hat sich das folgende Kapitel zu befassen.

III. Zur autökologischen Systematik.

1. Die Lebensformen als Ausdruck für die Gesamtökologie.

Wir sind im günstigsten Fall im Stande, die an einem bestimmten Punkt wirkenden ökologischen Faktoren einzeln zu messen. Gesetzt den noch lange nicht verwirklichten Fall, dass wir sämtliche Faktoren eines Lebensortes bestimmen könnten, so wären wir noch weit davon entfernt, auch die Gesamtökologie des Lebensraumes zu kennen, der einer Pflanze oder einem Tier zukommt. Nun bieten uns aber diese selbst ein gar nicht zu überschätzendes Mittel zur Bestimmung dieser ihrer Gesamtökologie: diesen adäquatesten Ausdruck derselben bezeichnen wir nach Warmings Vorschlag (1884) als die Lebensform.[1]) Warming (1908) definiert die Lebensform der Pflanzen (dasselbe gilt von den Tieren) wie folgt: „Unter Lebensform (Vegetationsform) verstehe ich die Form, die der vegetative Körper der Pflanze (des Individuums) aufweist in Harmonie mit der Umwelt, in der sich die Lebensprozesse abspielen, von der Wiege bis zum Grabe, von der Keimung bis zur Samenreife, bis zum Tod."

Diesen Zustand der Harmonie mit der Umwelt bezeichnen wir mit Vesque (1882) als Epharmonie. Dabei ist es gleichgiltig, wie wir uns die Anpassung oder Epharmose zustande gekommen denken, ob durch aktive (direkte oder subjektive) Anpassung im Sinne Lamarcks oder durch passive (indirekte oder objektive) im Sinne der Selektionstheorie Darwins oder der verschiedenen Mutationstheorien. So wichtig diese Frage ist, so kann ich mich hier nicht damit befassen und muss auf die umfangreiche idiobiologische Literatur darüber verweisen. Kürzere Besprechungen finden sich auch in vorwiegend biocœnologischen Werken, z. B. bei Solms-Laubach (1905), Warming (1908 und 1918), Cowles (1909) und Drude (1913).

Das Bestehen der Epharmonien selber ist eine Tatsache. Es ist aber sehr wichtig, dass nicht die ganze Form oder Physiognomie einer Pflanze oder eines Tiers epharmonisch ist, sondern nur ein Teil der sie zusammensetzenden Merkmale, die sich nicht einmal alle in der äussern Gestalt oder Physiognomie zu äussern brauchen.

Wir können mit Warming dreierlei Merkmale unterscheiden:

---

[1]) Im weitern Sinn, d. h. die Aspektfolge inbegriffen. Vgl. Seite 330 und Kap. III 6.

a) Phaenotypisch epharmonische Merkmale, die sich nach den äussern Bedingungen („environment control" Cowles) verändern und also für die direkte Bewirkung in Frage kommen („reactive forms" Cowles).

b) Genotypisch epharmonische Merkmale, die zwar ursprünglich epharmonisch sind, sich aber nicht mehr bei Änderung des Milieus verändern, sondern erblich fixiert sind, wie z. B. die Stammsukkulenz oder der „inhaerente Nanismus" („congenital-inherent forms" Cowles).

Diese beiden Gruppen zusammen bezeichnet R. v. Wettstein als Anpassungsmerkmale.

c) Indifferente, d. h. nicht epharmonische Merkmale = konstitutionelle = Organisationsmerkmale (Wettstein).

Wie weit die epharmonischen — nie und nimmer aber die indifferenten — Merkmale zur Bestimmung der Lebensformen benutzt werden dürfen und müssen, soll später erörtert werden. Zur selben Lebensform gehören alle diejenigen Einzelformen (seien es nun Arten oder nur bestimmte Generationen oder Enwicklungsstadien von solchen), die an denselben Lebensraum angepasst sind. So sagt der Tierökologe Shelford, der Arten mit gleicher Lebensform als „mores" bezeichnet: „Ecological classification places together groups of mores with similar ecological optima." (1912 p. 335).

Die Lebensformenlehre oder autökologische Systematik unterscheidet sich dadurch erheblich von der durch Humboldt begründeten Physiognomik, die sich mit der Physiognomie, d. h. der ganzen Gestalt befasst, dass jene von den Organisationsmerkmalen gänzlich absehen muss. Dieser Unterschied ist meist übersehen worden. Das hatte zur Folge, dass man einerseits den Beginn der Lebensformenlehre mit dem der viel jüngern Physiognomik zusammenfallen liess, und dass man andrerseits, als man das unwissenschaftliche der Physiognomik erkannte, mit ihr zugleich die Lebensformenlehre verwarf.

2. Geschichtliches.

Den Lebensformen kommt in der naiven Systematik des Altertums und des Mittelalters eine hohe Bedeutung zu. Nach ihnen wurden die Lebewesen eingeteilt, wie nach dem Vorkommen und dem praktischen Gebrauch.

Das gilt in besonders hohem Grad von der Pflanzenkunde des Theophrast von Eresos (371—286 v. Chr.). Seine Einteilungsprinzipien

sind zum kleinern Teil die praktische Verwendung, zum grössern aber Merkmale der Gestalt und des Vorkommens, darunter besonders epharmonische. So teilt er die Pflanzen ein in Wasserpflanzen (ἔννδρα) und Landpflanzen (χέρσαια), und unter den Hygrophyten (ὑγρά) unterscheidet er mehrere Abteilungen (κάθυγρα καὶ ἕλαια), von den „amphibischen" Pflanzen der Auenwälder und der ihm bereits bekannten Mangrove bis zu nur ausnahmsweise Überschwemmungen ausgesetzten Pflanzen.

Gleich seinem Lehrer Aristoteles unterscheidet Theophrast folgende Lebensformen: Bäume (δένδρα), Sträucher (θάμνη) und Zwerg- und Halbsträucher (φρύγανα), die er als Holzpflanzen (ὑλήματα) zusammenfasst und den Kräutern (λάχανα und πόαι) gegenüberstellt. Die Einjährigen bezeichnet er als ἐπέτεια, er wusste auch bereits, dass es solche nicht nur unter den Landpflanzen gibt. So sagt er von der Wassernuss (τρίβολος = *Trapa*), man müsse noch näher untersuchen, ob sie, wie manche behaupten, einjährig sei oder ob ihre „Wurzel" ausdauere. Die ἐπέτεια hätten im Gegensatz zu den ποιώδη, den Wiesenkräutern, nur eine oder zwei Hauptwurzeln, von denen Seitenwurzeln ausgehen.

Die Einteilung in Bäume, Sträucher usw. sei ein blosses Schema, denn manche Pflanzen scheinen sich verändern (ἐπαλλάττειν) zu können, es gebe Kräuter, die baumförmig werden können (ἀποδενδρούμενα). Unter den Bäumen, die sich von den Sträuchern und Halbsträuchern vor allem dadurch unterscheiden, dass sie einstämmig (μονοστέλεχες) sind, unterscheidet er weiter nach der Dicke und Wuchsart des Stammes, nach der Beschaffenheit der Rinde und besonders des Laubes verschiedene Gruppen. Die Unterscheidung in Immergrüne (ἀείφυλλα) und Laubwechselnde (φυλλόβολα) gelte nicht nur für die Holzpflanzen, sondern auch für die andern. Den Laubfall vergleicht er mit dem Geweihwechsel der Hirsche und der Mauser der Vögel. Theophrasts Blattformen erinnern ganz an die der Physiognomiker des 19. Jahrhunderts. So unterscheidet er breitblättrige (πλατύφυλλα) und schmalblättrige (στενόφυλλα), nadelblättrige (ἀκανθόφυλλα) und dickblättrige (σαρκόφυλλα), wobei die Dicke entweder in die Runde (στρογγυλότης) gehe wie bei der Zypresse und der Tamariske, oder in die Breite (ἐν πλάτει) wie beim Lorbeer, bei der Lavendel und manchen Blattgemüsen. Anschaulich schildert er, wie die von der Unterseite verschieden gebaute Blattoberseite der Sonne zugewandt wird. Er unterscheidet reich- und armblättrige Bäume und weiss auch vom „alexandrinischen Lorbeer" (*Ruscus*) zu berichten, dass er die Früchte mitten auf den „Blättern" trage.

Unter den Krautigen (*ποιώδη*) unterscheidet er solche mit aufrechtem Spross (*ὀρθόκαυλα*), die in der Regel ein- oder wenigstenglig seien, solche mit aufsteigenden (*νευρόκαυλα*) und solche mit niederliegenden Sprossen (*ἐπιγειόκαυλα*), die „sozusagen alle" vielstenglig seien. Mit diesen seien die Schling- und Kletterpflanzen (*περιαλλόκαυλα*) verwandt; solche gebe es nicht nur unter den Kräutern, sondern auch unter den Halbsträuchern und Sträuchern. Er unterschied also bereits zwischen Weichstamm- und Holzstammlianen. Nach der Stellung der Laubblätter teilt er die Kräuter in *ἐπιγειόφυλλα*, die den „Rhizophylles" von Thurmann entsprechen, in *ἐπικαυλόφυλλα* (= „Thyrsophylles" Thurmanns) und in solche, bei denen Rosettenblätter und Stengelblätter vereint vorkommen (Raunkiaers Halbrosetten!).

Mit Bezug auf die unterirdischen Organe unterscheidet er tief- und flachwurzelnde Arten, ferner solche mit und solche ohne Wurzelbrut (*παραβλαστητικὰ καὶ ἀπαράβλαστα*). Aber nicht alles, was sich im Boden (*ὑπόγειον*) befindet, seien Wurzeln (*ῥίζαι*), die hypogäen Pilze z. B. hätten überhaupt keine Wurzel; man müsse die Organe nicht nach dem Ort (*τόπος*) unterscheiden, sondern nach ihrer physiologischen Funktion (*δύναμις φυσική*). Eingehend schildert er die Knollen- und Zwiebelpflanzen (*σαρκόρριζα ἢ κεφαλόρριζα*), seine „*βολβώδη*" entsprechen etwa den Geophyten von Areschoug und Raunkiaer.

Auch die phänologischen Erscheinungen behandelt Theophrast eingehend, er unterscheidet Winterblüher (*χειμερινά*), Frühlingsblüher (*ἠρινά*) und Herbstblüher (*μετοπωρινά*). Nicht alle Pffanzen halten sich aber gleich scharf an die Jahreszeiten (*ὧραι*) mit Bezug auf Austreiben (*βλάστησις*), Blütezeit (*ἄνθησις*) und Fruchtreife (*τελείωσις τῶν καρπῶν*). Bei den Kräutern folge die Blütezeit meist gleich auf das Austreiben, bei den Bäumen sei oft ein grosser Abstand dazwischen. Manche Pflanzen, die um die „herbstliche Tagundnachtgleiche" ihre Samen bereits ausgereift haben, fangen dann gleich einen neuen Entwicklungsgang an (*ἀρχὰς τῆς γενέσεως*), bei manchen, besonders den immergrünen, seien die jahreszeitlichen Aspekte sehr wenig verschieden.

Diese Beispiele aus Theophrasts Pflanzenkunde mögen zur Genüge zeigen, was für gesunde Anfänge die Lebensformenlehre genommen hatte, bevor sie zu einem blossen Hilfsmittel der Taxonomie einerseits und der Geographie andrerseits erniedrigt worden war.

Die Systematik des 16. und 17. Jahrhunderts machte von den Lebensformen ausgiebigen Gebrauch. So zerfallen die 15 Klassen von Cesalpinis System (1583) in *Arbores* (2 Kl.) und *Herbae*, bei den „*Herbae triplici principio*" (Kl. 8 und 9) unterscheidet er nach den unterirdischen Organen „*fibrosae*" und „*bulbosae*".

Deutlicher noch sind die Lebensformen im System Morisons (1669), von dessen 18 Klassen genannt seien: *1. Lignosae Arbores, 2. Lignosae Frutices, 3. Lignosae Suffrutices, 4. Herbaceae Scandentes, 11. Herbaceae Culmiferae s. Calmariae.*

Diese Benutzung von Lebensformen in der ältern Systematik wurde später als grober Fehler empfunden. So sagt Willdenow von Morisons System, von seinem Standpunkt aus mit Recht: „Das fehlerhafte dieses Systems besteht, wie bey den meisten Systemen der Alten, in dem ungleichen Einteilungsgrunde und im Unterschiede zwischen Bäumen und Kräutern." (Dieselbe Wandlung wie in der Taxonomie zu Linnés Zeiten vollzieht sich heute in der Vegetationssystematik, man vergleiche das zitierte Urteil Willdenows mit demjenigen von Moss 1910 über Warmings „Formationsbegriff"! Siehe Kap. VII 3 a).

Die Lebensformen haben sich in der Taxonomie bis zu Linné behauptet, ja eine logische Scheidung zwischen Lebensformenlehre und Taxonomie konnte erst erfolgen, nachdem diese auf morphologisch-phylogenetische Basis gestellt worden war. Ähnlich wie bei Morison erscheinen die Lebensformen bei Ray (1682) und Tournefort (1719), ja selbst einige „Familien" Linnés sind weniger auf konstitutionelle als auf epharmonische Merkmale gegründet, so die „*Calamariae*", die Araceen, Typhaceen und Cyperaceen umfassen, die „*Succulentae*", die „*Inundatae*", in denen neben den Potamogetonaceen auch *Hippuris* und *Elatine* erscheinen. Seine *Herbaceae, Suffrutices, Frutices* und *Arbores* entsprechen den betreffenden Abteilungen Theophrasts, sie sind rein ökologische Gruppen.

Mit der fast ausschliesslichen Benutzung der generativen, also rein konstitutioneller Merkmale, zur Systematik ist seit Linné die Lehre von den Lebensformen ganz vernachlässigt worden. Es ist das Verdienst Alexander von Humboldts, sie wieder aufgenommen zu haben. Die Entwicklung seit Humboldt ist schon mehrfach dargestellt worden, so von Warming (1908, 1909 und 1915) und Drude (1913), so dass ich mich kürzer fassen kann.

Die durch Humboldt inaugurierte physiognomische Lebensformenforschung unterscheidet sich dadurch von der rein ökologischen, dass sie von der ästhetischen Würdigung der Pflanzenphysiognomie ausgeht, an der natürlich die konstitutionellen Merkmale gleich den epharmonischen ihren Anteil haben. Dieser heute vielfach, z. B. von Clements 1916, ausseracht gelassene Unterschied zwischen physiognomisch und ökologisch wurde z. B. von Drude bei seiner Neubearbeitung von Grisebachs Pflanzengeographie in Neumayers Anleitung zum Ausdruck gebracht, wenn er (1890 a) darüber schreibt: „Es schien mir nötig,

soweit als tunlich, das landschaftlich-physiognomische aus den Merkmalen der Vegetationsformationen zu entfernen und dafür das biologische Element hineinzubringen." (Wie weit ihm das gelungen ist, ist eine andere Frage.) Den physiognomischen Standpunkt mag ein Zitat aus Humboldt (1807 p. 25 ff.) dartun: „Unter der fast zahllosen Menge von Vegetabilien, welche die Erde bedecken, erkennt man bei aufmerksamer Beobachtung einige wenige Grundgestalten, auf welche man wahrscheinlich alle übrigen zurückführen kann, und welche ebensoviele Familien oder Gruppen bilden. Ich begnüge mich hier siebzehn derselben zu benennen, deren Studium dem Landschaftsmaler besonders wichtig sein muss." Nach Beschreibung dieser 17 in hohem Mass auch auf konstitutionelle Merkmale begründeten Grundformen fährt er fort: „Diese physiognomischen Abteilungen weichen oft von denen ab, welche die Botaniker in ihren sogenannten natürlichen Systemen aufstellen. Bei jenen kommt es allein auf grosse Umrisse, auf das an, was den Charakter der Vegetation, und folglich den Eindruck bestimmt, den der Anblick der Gewächse und ihre Gruppierung auf das Gemüt des Beobachters macht. Die eigentlich botanischen Klassifikationen gründen sich dagegen auf die kleinsten, dem gemeinen Sinne gar nicht auffallenden, aber beständigsten und wichtigsten Teile der Befruchtung." 1860 unterscheidet er 19 solche Formen. Unwesentliche Erweiterungen dieses Systems nahmen Schleiden, C. Müller und Kabsch vor.

Grisebach (1872 p. 10—14) erkennt, im Gegensatz zu seinen Nachfolgern, dass in den Vegetationsformen Humboldts „die ältesten Versuche, das Pflanzenreich einzuteilen, welche der Systematik Tourneforts und Linnés vorangingen", wieder aufleben. Er behielt die Einteilungsprinzipien Humboldts bei, vermehrte aber die „Vegetationsformen" auf 54, 1875 auf 60, auf 7 Gruppen verteilt. Wie später Raunkiaer, versuchte er 1875 dieselben zur Charakterisierung der grossen Pflanzenklimate zu verwenden, hielt aber im Gegensatz zu diesem die einjährigen Pflanzen für hiezu bedeutungslos. Warming (1908) erklärt sein System für eine „Mischung von rein biologischen, rein systematischen und rein physiognomischen Typen."

Der Dozent am Schweizerischen Polytechnikum H. Berge gab 1880 in seiner „Pflanzenphysiognomie" eine populäre Darstellung ohne wesentlich Neues. Seine 40 „Formen" sind diejenigen Grisebachs, von denen nur einige zusammengezogen werden.

Die höchste Ausbildung hat das physiognomische System durch H. Reiter (1885) erfahren. Er braucht zum erstenmal das von Häckel 1865 eingeführte Wort „Ökologie". Zu derselben Vegetationsform

rechnet Reiter „alle Pflanzen, die mit Bezug auf Lebenstätigkeit und die dazu gehörende Ausrüstung untereinander übereinstimmen in allen wesentlichen Punkten, ob sie nun systematisch verwandt seien oder nicht." Eine Wiedergabe seines Systems findet man bei Warming 1908. Auch Reiter hat übersehen, dass am Zustandekommen der Formen, auch derjenigen der rein vegetativen Organe, neben epharmonischen Merkmalen auch konstitutionelle beteiligt sind, so dass er, wie Warming bemerkt, „systematisch-morphologische Merkmale zu viel benutzt, besonders bei der Einteilung der „wurzellosen Lagerpflanzen". Aber, sagt Warming, „hans Principer ere videnskabeligt rigtige, og herpaar kommer det an."

Eine scharfe Sonderung der epharmonischen und konstitutionellen Merkmale wurde erst durchführbar, nachdem durch Darwins „Origin of Species" 1859 der Entwicklungsgedanke zu allgemeiner Annahme gekommen und die Systematik auf eine neue Grundlage gestellt war. Die von dem systematischen Ballast befreite Lebensformenlehre erhielt von der rasch emporblühenden Physiologie und Ökologie (Schwendener, Haberlandt, Vesque, Stahl u. a.) mächtige Impulse. So beginnt mit Kerner (1863) eine neue Periode, die ökologische. Aber wie einerseits die alte Physiognomik mit ihrer Vermengung epharmonischer und konstitutioneller Merkmale noch in den neuesten Systemen der Lebensformen fortlebt, so insbesondere bei Drude (1887—1913), in Resten selbst bei Raunkiaer, so hat andrerseits die ökolgische Lebensformenlehre auch schon ihre Vorläufer vor Darwin, und von diesen zu wenig gekannten soll kurz die Rede sein.

An erster Stelle ist Oswald Heer zu nennen, der 1835 bei Behandlung der Höhenstufen des Sernftals diese durch die „Grösse der Individuen" und die Lebensdauer der Arten zu charakterisieren suchte. Die folgende Tabelle erinnert durchaus an Raunkiaers „biologische Spektren"[1]).

Regio (= Höhenstufe)	Bäume	Gesträuche	Halbgesträuche	Kräuter	perennierende Kräuter	zweijährige	einjährige
R. montana (780-1300 m) .	21	33	22	479	420	19	49
R. subalpina (1300-1788 m)	6	11	19	323	302	7	20
R. alpina (1788-2275 m) .	1	6	21	284	275	5	11
R. subnivalis (2275-2752 m)	0	0	15	201	196	3	6
R. nivalis (2752-3250 m) .	0	0	0	12	12	0	0

[1]) Eine ähnliche Zusammenstellung gab auch H. Berghaus 1850 für Deutschland und die Schweiz, vgl. darüber Drude 1896 p. 27—28.

Ausserdem gibt Heer das Verhältnis der „holzartigen" Gewächse zu den „krautigen" für jede Stufe in Prozent an und ferner den Anteil der „nur einmal blühenden Gewächse" an der Flora jeder Stufe (wobei diese allerdings ziemlich willkürlich durch Höhenquoten — Heers Angaben in Fuss sind hier in Meter umgerechnet — begrenzt werden. Auch bei der Beurteilung der Lebensdauer sind manche Irrtümer unterlaufen).

Der Neuenburger Jules Thurmann (1849) suchte seine beiden Hauptbodentypen, den eugeogenen und den dysgeogenen, gleichfalls durch eine Art Lebensformen zu charakterisieren. Für die Pflanzen der eugeogenen Böden führt er den Namen Hygrophiles, für die der dysgeogenen den Namen Xérophiles ein. Dabei braucht er diese Wörter in wesentlich anderm Sinn als dem der Hygrophyten und Xerophyten bei Grisebach und Schimper. So zählt er *Bellidiastrum Michelii und Möhringia muscosa* zu den Xerophilen, *Rumex pulcher* und *Crepis fœtida* zu den Hygrophilen. Diese Gruppen entsprechen vielmehr den „Kalk- und Kieselpflanzen" vieler Autoren, genauer den Halicolen und Gelicolen von Gola (1905). Thurmann erkennt die hohe Bedeutung der Bewurzelungsart (p. 302 ff.): „Ainsi la chaleur moyenne d'un végétal est d'autant plus basse en été, d'autant plus élevée en hiver que sa racine s'enfonce plus profondément." Er sucht bei den Hygrophilen eine andere Bewurzelungsweise festzustellen als bei den Xerophilen. Ferner unterscheidet er nach der Beblätterung Plantes rhizophylles (Rosettenpflanzen) und Plantes thyrsophylles (mit vielen Stengelblättern und reduzierten Grundblättern). Erstere seien besonders für dysgeogenen, trockenen und flachgründigen Boden und für offene Pflanzengesellschaften, letztere besonders für eugeogenen, frischen und tiefgründigen Boden und für geschlossene Pflanzengesellschaften charakteristisch, von welcher Regel die Farne, Grasartigen und Holzpflanzen ausdrücklich ausgenommen werden.

Der Schwede Hampus von Post fasste die Bäume, Sträucher und Halbsträucher als „Fürsten und Aristokraten" zusammen, die höhern Kräuter und mehrjährigen Stauden mit verwelkenden Blättern und Stengeln als „Patrizier", die niedern Kräuter, besonders die Gräser, als „Plebejer" und die Kryptogamen als „Paria oder Sklaven", eine Bewertung, die in Schweden zum Wohl der Vegetationsforschung früher als in andern Ländern aufgegeben worden ist. — Die „Vegetationsformen" Sendtners (1854) sind nicht Lebensformen, sondern nach Standorten unterschiedene Pflanzengesellschaften.

Als eigentlicher Begründer der rein ökologischen Lebensformenlehre muss Kerner (1863) gelten. Er unterscheidet folgende „Grund-

formen": Bäume, Sträucher, Stauden (mit krautigen Stengeln und Zweigen), Filzpflanzen (im wesentlichen Raunkiaers Chamaephyten entsprechend, aber auch Laubmoose und Strauchflechten umfassend), Blattpflanzen (mit auffallend grosser Blattentwicklung und reduziertem Stamm), Schlinggewächse, Fadenpflanzen (*Cuscuta* und fadenförmige Wasserpflanzen), Rohre, Halmgewächse, Schwämme und Krustenpflanzen. Kerner kritisiert die „Vegetationsformen" von Humboldt, Schleiden usw., besonders die Benennung nach einzelnen Gattungen: „Pflanzenphysiognomik und Systematik gehen ganz verschiedene Wege. Eben darum aber dürfen auch aus der einen Disziplin keinerlei Motive und Namen in die andere hinübergenommen werden, wenn anders Verwirrung vermieden werden soll" (1863 p. 281). Dieselbe Forderung hat später auch Reiter aufgestellt, aber ungenügend erfüllt. Dem gegenüber muss sich die Physiognomik Grisebachs und selbst die neueste Drudes (1913) den Vorwurf eines Rückschritts gefallen lassen.[1])

Ähnliche Grundformen wie v. Post und Kerner unterschied auch der Finländer J. P. Norrlin: Bäume, Sträucher, Kräuter, Gräser, Reiser, Moose, Flechten. Zur Charakterisierung der Pflanzengesellschaften brauchte sein Schüler Ragnar Hult (1881) folgende, auch heute von den meisten schwedischen Autoren benutzte Grundformen: I. Nadelbäume, II. Laubbäume, III. Gebüsche, IV. Reiser, V. Gräser, VI. Kräuter, VII. Schlingpflanzen, VIII. Weissmoose, IX. Laubmoose, X. Flechten. Kupffer (1913) ergänzte dieses System durch die vier weitern Gruppen der makroskopisch kenntlichen Pilze und Algen und der mikroskopischen Pilze und Algen.

Ausserdem stellte Hult (1881) für die fennoskandische Flora als „Beitrag zur Morphologie der Pflanzengesellschaften" ein weiteres Grundformensystem auf, das sich im wesentlichen an dasjenige Grisebachs anschliesst. Seine 43 Formen gliedern sich in folgender Weise:

A. mit Holzstamm
  I. Bäume
    1. Grundform: Nadelbäume (Pinusform, Abiesform)
    2. „ Laubbäume (Betulaform)
  II. Sträucher;
    3. Grundform: Gebüsche (Salixform)
    4. „ Reiser (Ericaform, Ledumform, Oxycoccusform, Myrtusform, Myrtillusform)

[1]) Drude schreibt 1914: „Um also Vertrauen für die Gruppen solcher physiognomischer Lebensformen zu gewinnen, welche als Grundeinheiten der Betrachtung des Zusammenhangs zwischen Klima und Pflanzengestalt dienen können und in denen diese Beziehung geradeso gewahrt bleibt wie die Entwicklungsgeschichte im Systemrange der „Flora", muss jedes laienhafte Moment ausgetilgt und durch die Rücksichtnahme auf das phylogenetische System ersetzt werden."

B. mit krautigen Luftsprossen

I. Stamm und Blatt sommergrün

5. Grundform: mit schmalen Blättern

* polykarpisch (Airaform, Festucaform, Miliumform, Calamagrostisform, Schœnolagurusform, Eriophorumform, Juncellaform, Grandicarexform, Chordorrhizaform)

** monokarpisch (Hordeumform, Poa annua-Form)

6. Grundform: mit breiten Blättern

* polykarpisch (Geraniumform, Solanumform, Thalictrumform, Solidagoform, Menyanthesform, Chamaemorusform, Stellariaform)

** monokarpisch (Stellaria media-Form, Avicularеform, Galeopsisform, Spergulaform und übrige monokarpische Kräuter)

(7. Grundform fehlt)

II. Stamm und Blatt perennierend

* Blätter porös

8. Grundform (Sphagnumform)

** Blätter nicht porös

9. Grundform: in Stamm und Blatt gegliedert (Polytrichumform, Hylocomiumform, Amblystegiumform, Astrophyllumform)

10. „ ohne Gliederung in Stamm und Blatt (Alectoriaform, Cladinaform, Umbilicariaform, Lecideaform).

Während die Hauptgruppen vorwiegend epharmonisch sind, werden zur Unterscheidung der Einzelformen weitgehend Organisationsmerkmale benutzt.

Durch die Arbeiten von Irmisch, Al. Braun, Haberlandt, Areschoug u. a. wurde die Erkenntnis der morphologischen, physiologischen und ökologischen Zusammenhänge in hohem Mass gefördert. So gelangten diejenigen Merkmale in den Vordergrund, die man vielfach als „morphologische" in einem engern Sinn, besser noch als „strukturelle" oder „organographische" bezeichnet, d. h. die besondere Ausbildungsweise der einzelnen Organe in Anpassung an ihre Funktion, Merkmale, die neben epharmonischen auch starke konstitutionelle Komponenten aufweisen.

Diese neuen Ergebnisse fanden eine hervorragende Verarbeitung in Warmings „Om Skudbygning, Overvintring og Foryngelse" (1884). In der Einleitung zu dieser grundlegenden Arbeit, in der zuerst das Wort „lifsform" gebraucht wird, schreibt Warming, überwältigt von der Mannigfaltigkeit der Lebensformen: „Man fühlt sich bei Beginn der Studien, wenn man keine Wegleitung findet, fortwährend verwirrt von den endlosen Modalitäten, nach denen die verschiedenen Merkmale von Sprossbau, Sprossfolge, Wurzelbildung, Blattfolge, Lebensdauer der Stengel, Wurzeln und Blätter, Überwinterungs- und Verjüngungsweisen bei den verschiedenen Arten kombiniert sind, und man zweifelt an der Möglichkeit, eine natürliche und klare Übersicht über diese bunte Mannigfaltigkeit geben zu können. Und

welche Prinzipien sollen wir endlich dieser Übersicht zugrunde legen, wenn sie möglichst natürlich bleiben soll?" Als obersten Einteilungsgrund wählt Warming die Lebensdauer der ganzen Pflanze und der einzelnen Sprosse, ferner das Wandervermögen, wogegen die Einteilungen in Arten mit monopodialem und sympodialem Sprossbau, in solche mit und ohne Laubwechsel erst an zweiter Stelle kommen. Es ergibt sich ein vorwiegend organographisches System, von dem Warming selbst später abkam, da nichtepharmonischen Merkmalen, wie der Sprossfolge, eine zu grosse Bedeutung beigelegt wurde. Wenn er 1908 sein erstes System „mehr morphologisch als biologisch" nennt, so ist „morphologisch" im vorhin umschriebenen Sinn, „biologisch" im Sinn von ökologisch zu verstehen.

Reiter (1885) berücksichtigte die Arbeit Warmings so wenig als dieser diejenige Hults.

In der Folge sind neben Warmings spätern Arbeiten insbesondere diejenigen Drudes zu nennen. 1887 stellte er ein erstes „Biologisches System" auf, indem er die „Vegetationsformen" zu folgenden Klassen vereinigte:

I. Holzpflanzen mit Belaubung (Bäume und Sträucher, Lianen, Mangroven, Holzparasiten).
II. Blattlose Holzpflanzen (Stamm-Sukkulenten, blattlose Gesträuche).
III. Halbsträucher.
IV. Oberirdisch durch viele Vegetationsperioden ausdauernde Kräuter (Rosettenträger und Blatt-Sukkulenten, Epiphyten).
V. Hapaxanthische oder revidive Gewächse, autotroph.
   a) Im Erdreich keimend und lebend (Moose, Stauden, zwei- und einjährige Kräuter).
   b) Im süssen Wasser keimend und lebend (Süsswassergewächse).
   c) Im Ozean lebend (Seewassergewächse).
VI. Autotrophe, ohne Laubblätter assimilierende Landpflanzen (Flechten).
VII. Parasitische und saprophytische Gewächse ohne Chlorophyll (Parasiten und Saprophyten, Pilze).

1888 und 1896 (p. 49) machte Drude den beachtenswerten Vorschlag, die „biologischen Formen" durch besondere Signaturen zu bezeichnen, wie solche in der floristischen Literatur längst für Bäume, Sträucher, Halbsträucher, perenne, annuelle und bisannuelle Kräuter üblich sind, während solche sonderbarerweise in der Vegetationsforschung bisher nur selten benutzt worden sind. Das 1890 nur wenig modifizierte System Drudes erklärt Engler (1899) für das befriedigendste. Für Deutschland stellt Drude (1896) 35 Lebensformen

B. mit krautigen Luftsprossen
I. Stamm und Blatt sommergrü
5. Grundform: mit sch
* polykarpisch
nolagur
dorrhi
** mon
6. Grun
* p
**
I

derselben, also ein „biolo-
ers. Ferner unterscheidet er
Seite 332).

rast vorhanden, ist die von der phy-
Benutzung der Belaubung zur Auf-
recht naheliegend. So erklärt Areschoug
diejenigen Pflanzenteile sind, deren Organi-
Verhältnissen am besten angepasst ist. Ein
Belaubung stellte auch Drude (1905) auf, aber
(1905 p. 17) schreibt darüber mit Recht: „Eine logische
wirklich geordneten Gliedern und mit einheitlichen
kann man diese nicht nennen. Sie nimmt Rück-
verschiedene Dinge, teils auf die Lebensdauer des Laubes,
Formen, teils aufs anatomische Verhalten, teils auf die
Funktion usw. Aber als Ausdruck für die Bedeutung, die der Blatt-
form für die Vertiefung der Lebensformen-Charakteristik zukommt,
hat das sein Interesse. Im übrigen muss man in Betracht ziehen, dass
diese Übersicht wohl mit Rücksicht auf botanisch weniger geschulte
Reisende geschrieben ist."

Beachtenswert sind in dieser Hinsicht die Arbeiten von Vesque. Bei den Sumpf- und Wasserpflanzen unterscheidet er beispielsweise einen chrysosplenioiden, einen typhoiden, nymphoiden, potamoiden, zosteroiden, confervoiden und einen gemischten Typus.

Die Lebensdauer, die ja schon früher z. B. von Alph. de Candolle, Hult, Kjellman, Warming u. a. benutzt worden ist, wählte Krause (1891) als Einteilungsprinzip für das folgende System:

I. 1. Zeitgewächse, *Plantae hapaxanthae.*

II. Dauergewächse, *Plantae perennes* (darunter die „Triebpflanzen, *Plantae turionales*" ohne langlebige oberirdische Organe).
2. oberirdische Organe nur zu bestimmten Jahreszeiten: Zeitstauden, *Etesiae.*
3. oberirdische Kurztriebe das ganze Jahr vorhanden: Dauerstauden, *Dietesiae.*
4. oberirdische Langtriebe das ganze Jahr vorhanden, aber meist hapaxanth: Büsche, *Virgulta.*
5. mit Holzstamm: Stammpflanzen, *Plantae aibryes* (Halbsträucher, Sträucher und Bäume, sie zerfallen in immergrüne und laubwechselnde).

Areschoug (1896) stellt die Geophyten den Aerophyten gegenüber, im übrigen gleicht sein System demjenigen Krauses.

Die Systeme von Wiesner (1889 und 1902) und von Pound und Clements (1898 und 1900) zeigen grosse Übereinstimmung mit denen Drudes, besonders dem von 1896. So verteilen sich die 34 „vegetation-forms" der beiden Amerikaner auf folgende Gruppen: Holzpflanzen, Halbsträucher, Pleiozyklische Kräuter, Hapaxanthe Kräuter, Wasserpflanzen, Hysterophyten (saprophytische und parasitische Kormophyten) und Thallophyten. Neben diesen „vegetation-forms" oder „biological groups" unterscheiden sie nach „accessory biological characters", wie Belaubung, Knospenschutz, chemische und mechanische Schutzmittel, Bestäubungseinrichtungen, Blütezeit, Samenproduktion und Samenverbreitung besondere „ökologische Gruppen". Wesentlich dieselbe Einteilung der „vegetation-forms" schlägt Clements auch 1902 mit lateinisch-griechischen Bezeichnungen vor, denen er 1904 noch die recht überflüssige Klasse der „Dissophyten" beifügt, deren oberirdische Organe xerophytisch, die unterirdischen mesophytisch oder hygrophytisch sind.

Auch Diels (1908) gibt im wesentlichen dieselben Wuchsformen (Gehölze, Stauden, Kräuter, Gräser, Lianen, Epiphyten, Sukkulenten, Zellenpflanzen).

Schröter (1902 p. 65) umschreibt den Gegenstand der Autökologie wie folgt: „die klimatisch-edaphischen Haupttypen (Hydrophyten, Xerophyten, Mesophyten, Tropophyten); die abhängigen Typen (Lianen, Epiphyten, Saprophyten, Parasiten, Heloten, Symbionten); die „Lebensformen" oder Vegetationsformen, nach Habitus, Struktur und Ökologie (immergrüne Bäume, laubwerfende Bäume, Sträucher, Stauden, Annuelle etc.); die Verbreitungs- und Schutzmittel". Hier wird also der Begriff der Lebensform wesentlich eingeschränkt.

Besondern Interesses erfreuen sich die Lebensformen der Wasserpflanzen; vgl. ausser der schon genannten Einteilung von Vesque diejenigen von Warming 1895 (Nereïden, Limnäen, Enaliden, Hydrochariten etc.), Schröter 1902 (neu das Pleuston und die Amphiphyten), Magnin 1904, Ostenfeld 1905, ferner die Arbeiten von Schenck, Goebel, Glück u. a.

Nicht minder reizvoll erwies sich das Studium der Lianen und Epiphyten (Schimper, Schenck u. a.), auch das der Geröllpflanzen. Schröter (1908) teilt diese nach der „Reaktion gegen die Verschüttungsgefahr" ein in 1. Schuttwanderer, 2. Schuttüberkriecher, 3. Schuttstrecker, 4. Schuttdecker, 5. Schuttstauer. Quarles von Ufford (1909) bezeichnet die 1. dieser Gruppen als „Lithophiles migrateurs", die 2. und 4. zusammen als „Lithophiles recouvreurs", die 3. und 5. zusammen als „Lithophiles ascendants". Die beste

Autökologie der alpinen Geröllpflanzen, in der auch Raunkiaers System mitbenutzt wird, ist diejenige von Hess (1910).

Bedeutsam sind die von Massart (1907) aufgestellten und von Jeswiet (1914) weiter ausgebauten „ökologischen Gruppen", bei deren Aufstellung allerdings die früheren Systeme kaum benutzt worden sind. Massart teilt die Phanerogamen des Nordseelitorals unter anderm nach der Assimilationszeit in 12, Jeswiet in 13 Gruppen ein. So wichtig dieses Merkmal auch ist, so sind die einfach durch Buchstaben A—L bezeichneten und von Massart durch Diagramme veranschaulichten Gruppen doch recht ungleichwertig und zum Teil recht künstlich. So umfasst Gruppe K alle perennierenden Pflanzen ohne kriechende Rhizome, die ihre Blätter im Herbst verlieren, wofür so grundverschiedene Formen wie *Parnassia, Fagus* und *Vaccinium Myrtillus* als Beispiele angeführt werden. So bemerkenswert der Grundgedanke dieses Systems auch ist, so hat es doch keinerlei Aussicht auf erfolgreiche Konkurrenz mit den übrigen Systemen.

Das bisher erfolgreichste System der Lebensformen hat C. Raunkiaer aufgestellt (1904—1909). Sein Vorzug gegenüber den meisten andern besteht in der glücklichen Wahl eines einzigen, besonders wichtigen Merkmals, nämlich der Anpassung an das Überdauern der ungünstigen Jahreszeit, genauer der Lage der Überdauerungsknospen und des Grads ihres Schutzes. Die 30 Lebensformen des am ausführlichsten 1907 dargestellten Systems verteilen sich auf die fünf Klassen der „Luftplanter" oder Phanerophyten, der „Jordfladeplanter" oder Chamaephyten, der „Jordskorpeplanter" oder Hemikryptophyten, der „Jordplanter" oder Kryptophyten und der Therophyten (Annuelle und Bienne). Raunkiaer definiert die Lebensform als den Inbegriff sämtlicher Anpassungen einer Pflanze an das Klima, dieses Wort im weitesten Sinne gebraucht. Ausdrücklich beschränkt er sich auf die Gefässpflanzen, da die Ökologie der niedern Kryptogamen noch nicht genügend bekannt sei.

Seine Lebensformen braucht Raunkiaer einerseits zur Umschreibung der Pflanzengesellschaften, andrerseits zur Charakterisierung der „Pflanzenklimate". Den Gang der Temperatur und der Niederschläge in einem Gebiet, als der für die Transpiration wichtigsten Klimafaktoren, veranschaulicht er in glücklicher Weise durch seine „Hydrothermfiguren". Damit, dass er der Verdunstung eine so hervorragende Bedeutung zumisst, steht Raunkiaer auf demselben Standpunkt wie Schimper und Warming. Andrerseits bezweifelt Warming (1908 p. 22—25) nicht ganz mit Unrecht, dass sich mit Raunkiaers Lebensformen eine zutreffende biologische Charakteristik der Klimate

geben lasse. Einmal seien die meisten Lokalfloren noch nicht genügend erforscht und andrerseits sei die Flora in den gut erforschten Gebieten, nämlich den Kulturländern, so stark durch den Menschen verändert, dass sie zur Aufstellung „biologischer Spektra" ungeeignet sei. Den letztgenannten Einwand konnte Raunkiaer (1909) durch den Nachweis widerlegen, dass durch Veränderungen der Flora eines Gebietes, ob diese durch den Menschen erfolgt oder durch Naturkräfte, das prozentuale Verhältnis der Lebensformen nicht wesentlich beeinflusst wird; den weitern Einwand, dass das geologische Alter eines Florengebietes zu berücksichtigen sei, durch den Hinweis darauf, dass die Artenanzahl ganz nebensächlich sei. Andrerseits hat Warming darin vollkommen recht, dass die auf eine Lebensform entfallende Individuenmenge wichtiger ist als die Artenzahl, dass daher seltene Arten bei der Beurteilung des Pflanzenklimas eines grössern Gebietes auszuscheiden sind. Wenn Warming weiter den an sich berechtigten Einwand erhebt, dass der Boden, also die edaphischen Faktoren eines Gebiets, für das Verhältnis der Lebensformen ebenso wichtig sei wie die klimatischen, so erwidert Raunkiaer (1909, p. 61—62), dass man die Pflanzengesellschaften der verschiedensten Böden eines Klimagebietes berücksichtigen müsse, wodurch sich die edaphischen Verschiedenheiten gegenseitig aufheben. Die Forderung Warmings, man dürfe nur „klimatische Formationen" bei der Bestimmung der biologischen Spektra benutzen, lehnt Raunkiaer mit der Begründung ab, dass die von Schimper eingeführte Unterscheidung von klimatischen und edaphischen Formationen nicht haltbar sei, da alle sowohl klimatische als auch edaphische Komponenten haben.

Schwererwiegende Einwände sind gegen Raunkiaers Einteilung der Lebensformen selber zu erheben. Von der vielfach schwerfälligen Terminologie sehe ich ab. Die Unterscheidungsmerkmale sind nämlich nicht alle rein epharmonisch. Vor allem muss ich die Aufstellung der Therophyten als einer den andern Hauptklassen gleichwertigen Klasse beanstanden. Es kommt da ein neuer Einteilungsgrund: die Lebensdauer, herein, der dann auch bei den andern Klassen benutzt werden müsste, wie es Warming und Krause tun. Raunkiaer hat sich wahrscheinlich durch den Umstand zur Aufstellung der Therophyten als besonderer Klasse veranlasst gesehen, dass diese zur Charakterisierung gewisser Klimate besonders geeignet erscheinen. Das gilt aber auch von ganz andern von Raunkiaer nicht benutzten Merkmalen (vgl. Seite 359 ff.). Wie ich später dartun werde, sind die meisten Therophyten zu den Kryptophyten, und zwar den Geophyten zu stellen, denn auch ihre Überdauerungsorgane ruhen im Boden.

Ob diese Samen oder Zwiebeln sind, ist ein „organographischer", nicht ein epharmonischer Unterschied. Es fällt auch Raunkiaer gar nicht ein, bei den Hydrophyten zwischen denen zu unterscheiden, die wie die Nymphaeaceen mit Grundachsen überwintern, denen, die wie *Utricularia* und viele Potamogetonen mit Hibernakeln überwintern, und denen, die wie *Najas* und *Trapa* nur mit Samen überwintern. Die ökologische Verwandtschaft zwischen Geophyten und Annuellen hat auch Massart (1908) in seinem System zum Ausdruck gebracht. Bezeichnenderweise fehlen die Therophyten in der schematischen Darstellung der Lebensformen Raunkiaers von 1907, erst 1909 erscheinen sie in einer solchen.

Warming bemerkt mit Recht, dass die Epiphyten keine einheitliche Lebensformenklasse bilden, viele kommen auch auf Fels vor. Nicht gerechtfertigt erscheint mir ferner die Ausscheidung der Stammsukkulenten. Die Stammsukkulenz ist nur eine besondre, konstitutionell, nicht epharmonisch bedingte Reaktionsweise innerhalb des epharmonischen Verdunstungsschutzes, so gut wie Sklerophyllie, Mikrophyllie oder hoher osmotischer Druck. Es wird kaum am Klima liegen, dass die Stammsukkulenten in der alten Welt so viel schwächer vertreten sind als in der neuen. Tatsächlich gebraucht auch Raunkiaer diese Gruppen so wenig zur Charakterisierung der Pflanzenklimate wie die Helo- und Hydrophyten.

Auch die Einteilung der Phanerophyten in vier Gruppen einzig nach der absoluten Grösse ist nicht glücklich. Ich ziehe die schon von Theophrast durchgeführte und seither allgemein gebräuchliche Gliederung der Holzpflanzen (Hylemata) in Baumförmige (Dendrodea), Strauchige (Thamnodea) und Zwergstrauchige (Phryganodea) vor, eine Einteilung, die, wie ich später zeigen werde, nicht nur auf der Grösse beruht.

Alle diese Einwände sollen aber das grosse Verdienst Raunkiaers in keiner Weise schmälern, das vor allem darin besteht, dass er früher mehr oder weniger instinktiv, „physiognomisch", unterschiedene Lebensformen auf eine solide Basis gestellt und erst recht wissenschaftlich verwertbar gemacht hat. In seinen spätern Arbeiten unterscheidet er nur noch innerhalb der Phanerophyten verschiedene Untergruppen, und auch dies nicht immer. Von den Modifikationen seines Systems sind vor allem diejenigen Ostenfelds (1905—1908) und Vahls (1911) zu nennen.

Ostenfeld unterscheidet in der phanerogamen Flora der Färöer zunächst die Hauptgruppen Raunkiaers nach der Überwinterungsweise. Innerhalb jeder derselben scheidet er nach der Lebensdauer

die annuellen und hapaxanth-pleiozyklischen aus (wodurch die auf den Färöern allerdings sehr spärlichen Therophyten als Hauptklasse dahinfallen!) und innerhalb der perennierenden, im Anschluss an Warming (1884) sedentäre oder ortsfeste Arten ohne Wandervermögen, subterrane oder unterirdisch wandernde und epiterrane (sprachlich richtig als supraterrane zu bezeichnen) oder oberirdisch wandernde Arten. Damit wird z. B. Raunkiaers Einteilung der Geophyten in Rhizomgeophyten, Stengelknollengeophyten, Wurzelknollengeophyten, Zwiebelgeophyten und Wurzelgeophyten überflüssig, denn die Unterschiede dieser Gruppen beruhen ausser im verschiedenen Wandervermögen auf rein organographischen Merkmalen, wenn man von dem kaum berücksichtigten Grad der Xeromorphie absieht. Ähnlich werden die „aktiven Chamaephyten" überflüssig, denn sie sind mit den supraterranen identisch (hieher auch die „Lithophiles recouvreurs" von Quarles!).

Auch Vahl teilt innerhalb der Hauptklassen Raunkiaers nach dem Wandervermögen ein, aber nur nach dem unterirdischen: „la possibilité pour les plantes de pousser leurs rejetons à travers le sol." So erhält er die beiden Gruppen der „diageïschen" Pflanzen, die Ostenfelds „subterranen" entsprechen und der „epigeïschen", die die „sedentären und epiterranen" umfassen. Vahls Bezeichnungen finde ich ganz unglücklich. Unter den „epigeïschen" erwartet man nach dem Wortlaut nur die oberirdisch wandernden Arten, die ja schon Theophrast *ἐπιγειόκαυλα* nannte, und unter den „diageïschen" eher die sedentären als die subterranen. Um Missverständnissen vorzubeugen, schlage ich die Bezeichnungen sedentär, subterran und supraterran für den allgemeinen Gebrauch vor. Als dritten Einteilungsgrund wählt Vahl ähnlich wie Massart die Assimilationsdauer, indem er wintergrüne, sommergrüne und immergrüne Pflanzen unterscheidet, wobei er solche mit assimilierenden Achsenorganen, wie *Vaccinium Myrtillus* und *Sarothamnus* zu den Immergrünen stellt. Als letzten Einteilungsgrund wählt er die Xeromorphie, indem er mesomorphe und xeromorphe Arten unterscheidet. Hierüber später weiteres (Seite 337—338).

Ganz wesentlich von Raunkiaers System weichen die spätern von Warming und Drude ab. Einmal begnügen sie sich nicht mit einem einzigen Einteilungsgrund (was ja in Tat und Wahrheit auch bei Raunkiaer und seinen Anhängern nicht der Fall ist), und andrerseits versuchen sie das ganze Pflanzenreich einzubeziehen.

Warming (1908) lehnt ausdrücklich die Benutzung nur einer einzigen Merkmalskategorie ab, ferner die Benutzung „morphologischer

Verhältnisse", wie sympodialer oder monopodialer Sprossbau, und die „einzelner ökologischer Merkmale", wie Luftwurzeln, Kauliflorie, Sukkulenz usw. (Diese beiden Merkmalskategorien sind eben nicht rein epharmonisch, sondern „organographisch".) Er glaubt, dass infolge der grossen Zahl der möglichen Gesichtspunkte wenig Aussicht auf eine Einigung vorhanden sei (1908 p. 53). Das 1908 aufgestellte und 1909 und 1915 mit kleinern Abänderungen wiedergegebene System Warmings umfasst folgende Klassen:

I. Heterophyten (alle Holoparasiten und Holosaprophyten).

Autophyten:

II. Wasserpflanzen (hieher die Hydrochariten und das Phytoplankton, die Limnäen und Enaliden, die Nereïden).

III. Lichenoide Pflanzen (ausser Flechten z. B. auch *Tillandsia*).

IV. Muscoide Pflanzen (ausser Bryophyten z. B. auch *Hymenophyllum*).

V. Lianen (Halblianen, Schlingpflanzen, Wurzel- und Rankenkletter).

VI. Autonome Landpflanzen.

1. Hapaxanthe (annuelle, bienne und pleiozyklische Pflanzen).

Pollakanthe:

2. Redivive Kräuter (Hemikryptophyten u. Geophyten z. T.).
3. Rosettenpflanzen.
4. Kriechpflanzen (supraterrane Phanerophyten, Chamaephyten und Hemikryptophyten).
5. Pflanzen mit aufrechten, langlebigen Langsprossen (sedentäre u. subterrane Phanerophyten u. Chamaephyten).

Die spätern Modifikationen des Systems bestehen vor allem in einer Aufteilung der letzten komplexen Gruppe. Ich vermag nicht einzusehen, warum die muscoiden und lichenoiden Pflanzen nicht zu den „autonomen Landpflanzen" gestellt werden und halte die Einteilung der letztern für weniger glücklich als diejenige Raunkiaers, dessen Klassen ich bei einem Teil der „pollakanthen Landpflanzen" in Klammern beigesetzt habe.

Als sekundäre Charaktere behandelt Warming (1908) die Grösse, den Knospenschutz, die Beschaffenheit der Laubblätter und Laubsprosse, speziell ihre Xeromorphie. Diese Merkmale können nach ihm (ähnlich wie bei Drude, Pound und Clements) wohl zur „speziellen Charakteristik der Lebensformen", nicht aber zu ihrer Haupteinteilung dienen.

Von den ältern Systemen Drudes war bereits die Rede (Seite 321—22), auch schon davon, dass sich seine Lebensformen von denjenigen Kerners und der modernen „Ökologen" ganz wesentlich unterscheiden und sich mehr denen der physiognomischen Schule

nähern. 1913 (p. 29) und 1914 fordert er geradezu die Berücksichtigung des phylogenetischen Systems, um alles „laienhafte" auszuschliessen. Ich vermag ihm darin nicht zu folgen. Entweder treibt man taxonomische Systematik, die neben der Morphologie und Phylogenetik natürlich auch die ökologischen Lebensformen berücksichtigen muss, oder man treibt rein autökologische Systematik, die bei einer Vermengung der beiderlei Systeme alle Berechtigung verlieren würde.

Schon die oberste Einteilung Drudes in Gefässpflanzen und Zellenpflanzen ist rein taxonomisch.[1]) Schon Kerner hatte die Kryptogamen auf verschiedene Klassen verteilt und Warming schreibt (1908) mit Recht von den „Mosser og Laver, hvilke han (Drude) alligevel udskiller som egne Klasser, og kan overhoved ikke betragtes som en Vegetationsform." Drude benutzt eben die Lebensformen weniger als Raunkiaer u. a. zur Charakterisierung der Klimate und Pflanzengesellschaften; sondern sein Ziel ist, „die Rolle zu bezeichnen, welche den Einzelformen hinsichtlich ihrer Besiedlungskraft im Kampf um den Raum zukommt" (1914). Seine 1913 gegebene Darstellung der Lebensformen ist eingehender als alle frühern Systeme; aber es haften ihr eben alle Fehler jeder „physiognomischen" Einteilung an, indem viele Merkmale benutzt werden, die nichts weniger als rein epharmonisch sind.

Dasselbe gilt auch von dem „ökologisch-physiognomischen" System der Pflanzengesellschaften von Brockmann und Rübel (1912), das im wesentlichen auf einer Einteilung der Lebensformen beruht, nämlich insofern, als die Pflanzengesellschaften nach den Lebensformen der dominierenden Arten eingeteilt werden. Die in erster Linie benutzten Lebensformen sind Bäume, Sträucher und „Kräuter". Die beiden ersten Gruppen sind annehmbar, sodass daraus eine in den Hauptzügen gute Klassifikation der Gehölze resultiert, die im wesentlichen auf der Laubbeschaffenheit (Xeromorphie und Periodizität) beruht. Der naive aristotelische Krautbegriff hat dagegen zu einer ungebührlichen Erweiterung des Begriffs „Wiese" geführt, wie Tansley (1913) mit Recht ausführt.

Obwohl diese historische Darstellung nicht zu meinem eigentlichen Thema gehört, ist sie doch erforderlich, um das Folgende zu rechtfertigen, das sonst als unnütze Umgruppierung von Altbekanntem erscheinen könnte.

---

[1]) Umgekehrt ist die auch noch von den modernsten Systematikern gebrauchte Unterscheidung in „Algen" und „Pilze" ökologisch, in einem phylogenetischen System sollte sie keinen Platz mehr finden!

3. Welche Merkmale kommen für ein natürliches Lebensformensystem in Betracht?

Die in den verschiedenen Lebensformensystemen benutzten Merkmale lassen sich folgendermassen gruppieren:

A. Rein epharmonische oder Anpassungsmerkmale.
   I. Massgebende: Ortsgebundenheit, Verschiedenheit der den einzelnen Körperteilen im Lauf der Entwicklung zukommenden Lebensorte, Lage der Überdauerungs-, Bewegungs-, Atmungs- und Ernährungsorgane. Ernährungsweise (ob autotroph, saprob, parasitisch oder fressend), Optimum der Verdunstungskraft der Luft und des Sauerstoffgehalts des Wassers.
   II. Akzessorische: Grösse, Optima sämtlicher ökologischer Faktoren mit Ausnahme der Verdunstungskraft der Luft und des Sauerstoffgehalts des Wassers.

B. Gemischte Merkmale.
   I. Strukturelle oder organographische Merkmale: Morphologische und physiologische Anpassungen (Ökologismen) zur Sicherung des Lebens (Atmung und Ernährung, Fortpflanzung und Ausbreitung) und zum Schutz vor schädlichen Einflüssen (zu kleine und zu grosse Wärme- und Lichtmengen, zu starke und zu schwache Transpiration, mechanische und chemische Schädigungen, zu hoher osmotischer Druck der Nährlösung, Tierfrass usw.).
   II. Phaenologische Merkmale: Lebensdauer, Vegetationszeit, Aspektfolge, besonders Fortpflanzungszeit und Zahl der Fortpflanzungsperioden.

C. Rein konstitutionelle Merkmale: Phylogenie und Ontogenie, meiste mit dem Kernphasenwechsel zusammenhängende Merkmale.

Zur autökologischen Charakterisierung jedes Lebewesens gehören sowohl die unter A wie die unter B genannten Merkmale, aber nur die unter A genannten, d. h. die rein epharmonischen Merkmale, dürfen meines Erachtens zur autökologischen Klassifikation der Lebewesen benutzt werden.

Die phaenologischen Merkmale, von denen noch ausführlicher die Rede sein wird, sind nur zum Teil epharmonisch, zum andern konstitutionell. Das gilt insbesondere von der Lebensdauer, die deshalb meines Erachtens nicht zur Klassifikation benutzt werden darf. Bei Besprechung der Kryptophyten (Seite 351 ff.) werde ich das näher begründen.

Das Wort „Lebensform" darf nicht zu der falschen Ansicht verleiten, es müssten die massgebenden Merkmale alle „formal", d. h. morphologisch oder gar „physiognomisch" sein. Sie können ebensogut im Bau einzelner Gewebe oder Zellen begründet sein und brauchen überhaupt nicht morphologisch fassbar zu sein, wie der osmotische Druck des Zellsafts, das Sauerstoffbedürfnis eines Wasserbewohners oder die Lebensgewohnheiten eines Tiers. Es muss, wie sich Shelford (1912) ausdrückt, die ganze „physiologische Lebensgeschichte" massgebend sein, also nicht nur die Merkmale der erwachsenen Organismen, und gar nicht die einzelnen strukturellen Anpassungen, sondern nur der Grad derselben, d. h. das Optimum der zum Leben notwendigen ökologischen Faktoren.

Beispielsweise ist es wohl für die Autökologie wichtig, ob der Transpirationsschutz durch Verminderung der transpirierenden Flächen, durch Haarbildungen, Wasserspeicherung, hohen osmotischen Druck usw. erreicht wird, zur ökologischen Klassifikation, die in erster Linie der Beurteilung der Lebensraumfaktoren dienen soll, kommt einzig der Grad des Verdunstungsschutzes in Betracht. So dürfen „physiognomisch" so augenfällige Merkmale wie Stammsukkulenz oder Luftwurzelbildung nicht zur ökologischen Klassifikation verwandt werden.

Oder, um ein akzessorisches Merkmal herauszugreifen, ist es wichtig, wie leicht die Vermehrungsorgane einer Pflanze durch den Wind verbreitet werden, also der Grad der Anemochorie, unbekümmert darum, ob es sich um Sporen, Samen, Früchte, Fruchtstäude oder Bulbillen handelt, ob die besondere Anpassung in der Bildung von Haaren, Federn oder Flügeln besteht.

Dass rein konstitutionelle Merkmale nicht benutzt werden dürfen, wurde schon bei Besprechung der verschiedenen Systeme betont. Die Stellung im phylogenetischen System bestimmt wohl in beschränktem Mass die Lebensform. Es können z. B. nur Vertreter bestimmter Pflanzenklassen, -Familien und -Gattungen baumförmig und nur Vertreter bestimmter Tiergruppen sesshaft werden. Dass Merkmale wie die Chromosomenzahl nicht in Frage kommen, ist klar.

Eine andre Frage ist die, ob unter den epharmonischen Merkmalen die Seite 312 unterschiedenen phaenotypischen und genotypischen Merkmale verschieden zu bewerten seien. Ich glaube diese Frage verneinen zu dürfen (vgl. darüber Shelford 1912 p. 336). Für einen ariden Standort ist es gleich bezeichnend, wenn er von Arten mit „inhaerentem Nanismus", wie wenn er von solchen mit „reaktivem Nanismus" besiedelt wird. *Myriophyllum verticillatum*

und *spicatum* haben z. B. im submersen Zustand, abgesehen von etwas verschiedenen Temperatur- und Sauerstoffansprüchen, dieselbe Lebensform, obwohl jenes sehr leicht, dieses nur schwer, in die Landform übergeht.

Die von Drude, Warming, Pound und Clements, im Prinzip auch von Schröter (vgl. Seite 322—23 u. 328) vorgenommene Scheidung der epharmonischen Merkmale in primäre oder für die Haupteinteilung allein massgebende und in sekundäre oder akzessorische Merkmale scheint durchaus zweckmässig. Wollte man alle epharmonischen Merkmale zur Abgrenzung der Lebensformen benutzen, so käme man wahrscheinlich dazu, dass innerhalb desselben Floren- oder Faunendistrikts nicht zwei Arten, Unterarten oder Varietäten dieselbe Lebensform, d. h. dasselbe ökologische Optimum aufweisen, von welcher Regel nur in Mutation begriffene Gattungen, wie *Rubus* und *Hieracium* eine Ausnahme machen dürften. Eine solche Zerspaltung, wie sie z. B. von Hult nahezu erreicht worden ist, würde aber den Wert derartiger Systeme stark in Frage stellen.

Man kann sich nur fragen, welche Merkmale als massgebend und welche als akzessorisch zu betrachten sind, und darüber sind bisher die Meinungen geteilt. Die von Raunkiaer als primäres Merkmal behandelte Lage der Überdauerungsorgane ist für Warming ein sekundäres Merkmal. Ich kann Warming deshalb nicht beipflichten, weil die jungen aus den Knospen oder Samen austreibenden Organe besonders empfindlich sind, und ihre Lage daher von ganz entscheidender Wichtigkeit ist, wofür ja gerade auch der beispielslose Erfolg von Raunkiaers System zeugt.

Ebenso behandelt Raunkiaer die absolute Grösse als massgebendes, Warming als akzessorisches Merkmal, und hier muss ich Warming beipflichten. Bei der alten Einteilung in Bäume, Sträucher und Zwergsträucher ist nicht, wie es zunächst scheint, die Grösse massgebend, sondern die Verschiedenheit der den einzelnen Pflanzenteilen zukommenden Lebensorte. Die Krone einer Arve ist ganz andern Faktoren ausgesetzt als das Laubwerk der darunter wachsenden Alpenrose oder Heidelbeere. Die höchsten Temperaturen und der beste Schneeschutz werden wenig über dem Erdboden erreicht, daher die Begünstigung der Chamaephyten in kalten Klimaten. Dass nicht die Grösse massgebend ist, zeigt ein Vergleich mit aquatischen Lebensformen. Die gewaltigen *Macrocystis* und *Pelagophycus* sind kaum wesentlich andern Lebensbedingungen ausgesetzt als die kleinen *Ascophyllum* und *Sargassum*-Arten; oder um ein Beispiel aus der Tier-

welt zu wählen, wird man den gewaltigen Pottwal kaum einer wesentlich andern Lebensform zuweisen als den kleinen Delphin. Ich vermag daher Schröter (1902 p. 75) nicht beizupflichten, wenn er die verschieden grossen Nereïden den Schichten eines Waldes vergleicht, die langen Fadenalgen mit Hochstämmen, die *Synedra*-büschel mit der Krautflora usw. Die Unterschiede in der Gesamtökologie sind bei ungleichgrossen Nereïden desselben Ortes viel geringer als bei den Schichten desselben Waldes.

Dass von allen Schutzeinrichtungen für an der Luft lebende Pflanzen der Grad des Verdunstungsschutzes der wichtigste ist, dürfte einleuchten, ebenso, dass er für Wasserbewohner nicht in Frage kommt.

Die Ansprüche an den Chemismus des Bodens und des Wassers als Medium, der sich auch physikalisch äussern kann, durch Bestimmung des spezifischen Gewichts und osmotischen Drucks des Mediums, betrachte ich im Gegensatz zu vielen Autoren als akzessorisches Merkmal. Wenn man mit Warming die Enaliden von den Limnäen, das Haliplankton vom Limnoplankton trennen will, dann muss man auch die kalkliebenden von den kalkfliehenden Pflanzen als besondere Klassen trennen, und das scheint mir für die Hauptteinteilung unzweckmässig.

Eine wichtige Frage ist die, ob man die Ernährungsweise als obersten Einteilungsgrund annehmen will, also die Einteilung in autotrophe und heterotrophe Organismen. Nur wenn man sie bejaht, hat man nämlich ein Recht, die Tierwelt von der Behandlung auszuschliessen. Sonst ist diese Abtrennung, als taxonomische Unterscheidung, wissenschaftlich nicht zu rechtfertigen, sondern nur praktisch, durch die beschränkten Kenntnisse des einzelnen Forschers. Will man die Tierwelt aus epharmonischen Gründen ausschliessen, so hat dasselbe auch mit den Pilzen, den chlorophylfreien Algen und Blütenpflanzen zu geschehen.

Mir scheint ein anderer Einteilungsgrund wichtiger, nämlich die Ortsgebundenheit. Nach dem Vorgang von Hensen fasst man allgemein die im Wasser passiv treibenden Pflanzen und Tiere als Plankton zusammen. Den pflanzlichen Nereïden schliessen sich ebenso eng die tierischen Steinhafter an, z. B. viele Hydroiden, Korallen und Bryozoen, den aquatischen Epiphyten die Epizoen. So teilen mit der *Fucus*-besiedelnden Braunalge *Elachista* der Röhrenwurm *Spirorbis* und das Moostier *Membranipora* denselben Lebensraum.

Mit andern Worten: Das Verhalten zum Lebensraum und Standort scheint mir wichtiger als die Ernährungsweise. So will ich denn den

Versuch wagen, auch die Tierwelt in das System der Lebensformen einzubeziehen.

Vielfach wählt man als oberste Einteilung diejenige in Wasser- und Luft- resp. Festlandbewohner. Auch das kann ich nicht anerkennen. Die aktiv beweglichen Wassertiere stehen den beweglichen Landtieren entschieden näher als den festsitzenden Wassertieren. Die *Verrucaria calciseda* der Gipfelfelsen steht der *Verrucaria hydrela* im Gebirgsbach auch ökologisch näher, als etwa einem *Stereocaulon*, die aquatische *Coleochaete* der aerischen *Trentepohlia* näher als etwa einer Planktonalge.

Neben der Unterscheidung von ortsgebundenen und freilebenden ergibt sich eine weitere innerhalb der ortsgebundenen nach dem Verhalten zum Substrat. Es handelt sich darum, ob der Körper dem Substrat nur angepresst oder als ganzes in dasselbe eingesenkt ist, wie es insbesondere bei kompaktem Fels oder organischen Hartgebilden der Fall ist, oder ob er mit als Myzelien, Rhizoiden, Wurzeln oder Grundachsen ausgebildeten Organen in das Substrat eindringt, wie es naturgemäss besonders bei lockern oder weichen Substraten der Fall ist. Pflanzen und Tiere der ersten Gruppe haben einen Lebensraum, der sich vielfach nur aus einerlei Lebensorten zusammensetzt, wogegen der Lebensraum der zweiten Gruppe (es kommen mit verschwindenden Ausnahmen nur Pflanzen in Betracht) aus sehr verschiedenen Lebensorten zusammengesetzt ist. Da mir die Unterscheidung dieser beiden Gruppen ebenso wichtig scheint, wie die in ortsgebundene und freilebende, ergibt sich eine Dreiteilung, für die ich folgende Benennungen vorschlage:

I. Der haftende = adnate Typus oder das Ephaptomenon.[1])
II. Der wurzelnde = radicante Typus oder das Rhizumenon.[2])
III. Der freie = errante Typus oder das Planomenon.[3])

Selbstverständlich bestehen auch zwischen diesen Abteilungen, wie zwischen allen der Natur, Übergänge. So stehen zahlreiche Blatt- und Strauchflechten und viele Laub- und Lebermoose an der Grenze von I und II. Viele Algen und Wassertiere kommen sowohl adnat (als Nereïden) als auch errant vor. Von tierischen Zwischenformen seien beispielsweise *Hydra*, *Cristatellæ* und viele Land- und Süsswassermollusken genannt. Übergänge vom radicanten zum erranten Typus sind seltener, hieher gehören beispielsweise manche *Utricularien*.

Es sei gleich betont, dass die Annahme irrig ist, jede Art könne nur einer Lebensformengruppe angehören oder höchstens an der Grenze zwei nahe verwandter stehen. Das gilt für jeden Einteilungs-

[1]) von ἐφάπτομαι = haften. [2]) von ῥιζόομαι = wurzeln. [3]) von πλανάομαι = treiben.

grund. Wenn man von der Ernährungsweise ausgeht, so ist z. B. der Sporophyt der meisten Moose, der Gametophyt der Ophioglossaceen und der Phanerogamen, bei diesen vielfach auch der Sporophyt in seinen ersten Entwicklungsstadien ausschliesslich heterotroph. Oder wenn man in Wasser- und Landbewohner einteilt, so sind, abgesehen von den eigentlich amphibischen Organismen, auch bei vielen andern einzelne Generationen oder Entwicklungsstadien aquatisch, andere aerisch. Dasselbe gilt auch von der oben gegebenen Einteilung. So ist beispielsweise das Prothallium der meisten Farne (vgl. über den Wurzelort von Farnprothallien Diels 1915) mehr oder weniger aquatisch und adnat, der Sporophyt aerisch und radicant, bei vielen metabolen Insekten die Larve aquatisch und in manchen Fällen, wie bei *Liponeura* und *Simulium,* adnat (ebenso die Puppen vieler Landinsekten), die Imago dagegen errant, entweder rein aerisch oder amphibisch. Bei den Myxogasteres sind die Myxamöben aquatisch und errant, die Plasmodien semiaquatisch und errant, die Sporangien aerisch und adnat. Bei den Pilzen wird man zweckmässigerweise das Myzel und die Fruchtkörper, gleichgültig welcher Generation und Sporenform sie angehören, gesondert behandeln, jenes ist in der Regel radicant, diese dagegen meist adnat.

So kann man also strenggenommen nicht die Arten und Individuen nach Lebensformenklassen einteilen, sondern nur deren einzelne Entwicklungsstadien und Generationen, sofern diese nicht in ihren Lebensformen übereinstimmen. Von diesem Gesichtspunkt aus lässt sich der Standpunkt Drudes einigermassen rechtfertigen, wenn er z. B. im Gegensatz zu Raunkiaer die Farne für sich behandelt, denn sie können nur dort vorkommen, wo die Lebensbedingungen für beide so verschiedene Generationen realisiert sind.

Die altbewährte Einteilung in Bäume, Sträucher, Kräuter, wie das mit dieser nahe verwandte System Raunkiaers gilt nur für den radicanten Typus. Die Vertreter derartiger Systeme kommen daher in grösste Verlegenheit, wenn sie es etwa mit Fels- und Rindenhaftern oder Plankton und Pleuston zu tun haben (vgl. z. B. Brockmann und Rübel 1912, Schorler 1914). Ja es wird die Beschäftigung mit dem Plankton „einer eigenen Disziplin, der Planktonkunde" zugewiesen (Rübel 1913).

Auch für die nächste Einteilung innerhalb der drei Typen muss das räumliche Verhalten massgebend sein und nicht die Ernährungsweise. Wir unterscheiden also nicht schon im erranten Typus oder Planomenon zwischen autotrophen und heterotrophen Formen, sondern erst innerhalb dem nur einen Teil davon ausmachenden

Plankton. Im Rhizumenon scheiden wir zuerst nach räumlichen Merkmalen die Holzpflanzen usw. aus und erst innerhalb der einzelnen krautigen Klassen die „Heterophyten". Im Ephaptomenon scheiden wir zuerst in aquatisches und aerisches und erst innerhalb dieser in autotrophe und heterotrophe Formen.

Massgebend muss zunächst die Beschaffenheit der Lebensorte sein, und zwar sind bei den Wurzelpflanzen nicht die aller Organe gleichwertig. Damit hat Raunkiaer einen überaus glücklichen Griff getan, dass er hier den Lebensort der Überdauerungsorgane gewählt hat, dem er mit Recht den Lebensraum der ganzen Pflanze (ob aquatisch oder aerisch) unterordnet. Bei den Chamaephyten haben die Knospen, und damit die austreibenden Sprosse, den höchsten Wärmegenuss, bei den Kryptophyten den besten Verdunstungsschutz.

Bei den Adnaten ist das Überdauern von viel geringerer Wichtigkeit; viele überdauern mit dem ganzen Körper, so dass sich als nächste Einteilung diejenige in aquatische, aerische und innate (endopetrische, endophytische, endozoische) ergibt. Ebenso ist es bei den Erranten, wo zunächst nach dem Grad der Beweglichkeit und erst dann nach dem Wohnort einzuteilen ist, denn bei den sehr beweglichen Formen ist letztere Einteilung oft nicht durchführbar.

Erst innerhalb dieser Gruppen ist zwischen Autotrophen (zu denen zweckmässigerweise auch die Hemisaprophyten und Hemiparasiten gestellt werden) und Heterotrophen zu gliedern. Während man die autotrophen Bakterien und fast alle Flechten zu den Autotrophen stellt, wird man dies bei den mit Algen im Symbiose lebenden Tieren, die sich trotzdem vorwiegend tierisch ernähren, nicht tun. Die Heterotrophen zerfallen naturgemäss in Saprobien, die gelöste organische Nahrung aus toten Körpern aufnehmen, Parasiten, die gelöste lebende Nahrung aufnehmen und Fresser oder Phagonten, die geformte organische Nahrung aufnehmen.

Als nächsten Einteilungsgrund wähle ich das Wandervermögen. Bei den Adnaten ist es naturgemäss gering. Immerhin lassen sich auch hier sedentäre Formen (unter den aerischen Haftmoosen beispielsweise *Andreaea, Grimmia, Orthotrichum* = „petrophile Polstermoose" bei Drude 1913) und supraterrane oder reptante Formen unterscheiden (hieher die „petrophilen Kriechmoose" Drudes). Auch viele adnate Tiere besitzen ja ein gewisses Kriechvermögen.

Bei den Radicanten ergibt sich die Einteilung in Sedentäre, Subterrane und Supraterrane (vgl. Ostenfeld), oder um auch hiefür griechische Namen vorzuschlagen, in Anormonten, Ephormonten und Hyphormonten.

Bei den Erranten ist zwischen vorwiegend passiv beweglichen Formen (Plankton, Pleuston usw.) und zwischen vorwiegend aktiv beweglichen (Schwimmer = Nekton, Kriecher = Herpon, Läufer = Trechon und Flieger = Petomenon) zu unterscheiden.

Als wichtiger Einteilungsgrund kommt sodann innerhalb der aerischen Formen der Transpirationsschutz. Dass nur der Anspruch an die Verdunstungskraft der Luft, also die Höhe des Transpirationsschutzes, als Grad der Xeromorphie benutzt werden darf, nicht aber die verschiedenen „xerophytischen Anpassungen", wurde bereits begründet (Seite 331). Man kann bei der Beurteilung der Xeromorphie nicht vorsichtig genug sein. Es ist beispielsweise grundfalsch, wenn die immergrünen Nadel- und Laubhölzer durchwegs zu den Xerophyten gestellt werden, weshalb die Einwände gegen Warmings früheres System der Pflanzengesellschaften (1895—1902, vgl. Stopes 1907, Moss 1907b und 1910) vollauf berechtigt sind. Auch nicht alle Holzpflanzen mit reduziertem Laub sind xeromorph. Das gilt z. B. von *Sarothamnus* und *Ruscus*. Unter den Gräsern sind gerade die meisten Xeromorphen tropophytisch, viele mesomorphe dagegen „immergrün". Genau genommen sind freilich die Blätter der „immergrünen" Gräser und Kräuter nicht immergrün, sondern sie treten nur in mehreren Generationen auf. Man wird auch das ganze Jahr grüne Annuelle, wie *Senecio vulgaris* und *Stellaria media*, nicht als eigentlich immergrün bezeichnen.

Zur objektiven Beurteilung der Xeromorphie sind direkte Verdunstungsmessungen erforderlich, wie solche schon in beschränkter Zahl vorliegen (vgl. z. B. Hesselman 1904, Clements 1905—7, Livingston 1906—10, Transeau 1908—10, Fuller 1911, Briggs und Shantz 1912—14). Und zwar genügen Messungen der Verdunstung einzelner Organe, wie der Laubblätter nach der Kobaltmethode von Stahl, nicht. Es ist vielmehr der Wasserverlust der gesamten Pflanze zu ermitteln (vgl. Briggs und Shantz). Es erhebt sich die Frage, ob es genügt, die Verdunstung während der Assimilationsperiode zu bestimmen. Ich glaube nicht, denn dann müssten diejenigen Annuellen und Zwiebelpflanzen der ariden Gebiete, die nur in der kurzen feuchten Periode assimilieren und daher in dieser Zeit keines Verdunstungsschutzes benötigen, zu den Hygrophyten zählen. Ferner müsste man z. B. bei der laubwechselnden Lärche eine kürzere Zeit berücksichtigen, als bei der immergrünen Arve, bei *Vaccinium Myrtillus* eine kürzere als bei *Vaccinium Vitis idaea*. Meines Erachtens ist es erforderlich, die ganze Zeit zu berücksichtigen, in der die Assimilation nicht durch Wassermangel verhindert wird, also auch

durch Kälte oder Lichtmangel bedingte Ruhezeiten. Dadurch werden viele Übelstände behoben. Beispielsweise gibt Raunkiaer an, dass die Therophyten einen vollständigeren Schutz gegen die Ungunst der Ruhezeit, speziell die Trockenheit, aufweisen, als die Geophyten. Das gilt durchaus nicht allgemein. Viele „Therophyten" sind nichts weniger als xeromorph, wie z. B. die *Melampyrum*-Arten. Ebenso gibt es unter den „Geophyten" neben solchen, deren Ruhezeit vorwiegend durch Wärmemangel einerseits, Lichtmangel anderseits bedingt wird (wie bei den Geophyten des Buchenwaldes) auch solche, wo sie durch Wassermangel bedingt ist, wie bei den Zwiebelpflanzen der ariden Gebiete. Bei den Geophyten der ersten Gruppe ist also nur die Verdunstungsgrösse während der Vegetationszeit zur Bestimmung der Xeromorphie zu gebrauchen, bei der zweiten Gruppe die während des ganzen Jahres mit Ausschluss allfälliger Kälteperioden (vgl. Seite 352—53).

Aus dem Umstand, dass diese Forderungen heute zum kleinsten Teil erst erfüllt sind, ergibt sich, dass wir entweder heute auf eine Einteilung nach der Xeromorphie verzichten müssen, oder dass wir uns an die Merkmale des Standorts (Atmometermessungen!) und der Vegetation als ganzes, nicht aber an die nur einzelner Arten halten müssen. Während also sonst die Standortsfaktoren durch die Lebensformen ermittelt werden können, ist es hier einstweilen umgekehrt.

Genau dieselbe Bedeutung wie für die Landbewohner die Verdunstungskraft der Luft, hat für die Wasserbewohner der Sauerstoffgehalt des Wassers. Er zeigt auch eine ganz ähnliche Abhängigkeit von der Temperatur, was vielfach dazu geführt hat, dass man Arten mit hohem Sauerstoffbedürfnis, wie *Planaria alpina, Gammarus*, viele Rhodophyceen, fälschlich für stenotherm gehalten hat. (Vgl. Fehlmann 1917 und die daselbst verzeichnete Literatur.) Vielfach hat man auch stark sauerstoffbedürftige Arten mit Reinwasserbewohnern, wenig sauerstoffbedürftige mit Schmutzwasserbewohnern verwechselt. Das gilt besonders von dem Saprobiensystem von Kolkwitz und Marsson (1902—9) [1]). Über den formbildenden Einfluss des Sauerstoffgehalts auf Algen vgl. Comère (1914). Fehlmann teilt die Wasserorganismen nach ihrem Sauerstoffbedürfnis in Polyoxybionten, Mesoxybionten, Oliogxybionten und Anoxybionten

[1]) Anmerkung während des Druckes: In der eben erschienenen Arbeit von P. Steinmann und G. Surbeck „Die Wirkung organischer Verunreinigungen auf die Fauna schweizerischer fliessender Gewässer", Bern 1918, in der zwar das Saprobiensystem kritisiert wird, findet sich dennoch derselbe Irrtum (Seite 405—6), wenn auch die Bedeutung des Sauerstoffs zugegeben wird.

ein. (Nach Shelford und Allee (1912) reagieren die Fische in ähnlicher Weise auch auf den Gehalt an andern gelösten Gasen wie CO_2. Auch nach andern Autoren und eigenen Beobachtungen reagieren überhaupt die Wasserorganismen mindestens so scharf auf den Chemismus des Lebensraums wie die Landorganismen, doch betrachte ich auch hier den Chemismus nur als sekundären Faktor.)

Von der Benutzung phaenologischer Merkmale, wie Assimilationszeit und Laubwechsel, zur Lebensformensystematik sehe ich ganz ab, einmal weil diese wohl ausnahmslos nicht rein epharmonisch sind, und andrerseits, um das System nicht unnötig zu komplizieren. (Vgl. im übrigen Seite 359 ff.)

Eine besondere Stellung nehmen die „abhängigen Typen" (Schröter 1902, = Genossenschaften Schimpers) ein. Von den Saprophyten und Parasiten war schon die Rede. Wo Heloten oder Symbionten mit ihrem „Wirt" eine so vollkommene Einheit bilden wie die Flechten, ist diese als ganzes im Lebensformensystem unterzubringen. Bezüglich der Lianen scheint es mir fraglich, ob sich ihre Ausscheidung als Lebensformenklasse rechtfertigen lässt. Nach dem Vorgang Raunkiaers begnüge ich mich damit, solche nur bei den Phanerophyten auszuscheiden. Eine Abtrennung der Epiphyten dagegen scheint mir, wie auch Warming (1908), gänzlich unangebracht: wohl alle, die nicht zu den Adnaten, Parasiten oder Saprophyten gehören, kommen auch auf anorganischem Substrat vor.

4. Versuch einer Übersicht über die Lebensformen des gesamten Pflanzen- und Tierreichs.

Aus dem Vorhergehenden ergibt sich, dass die für die Lebensformensystematik allein massgebenden Merkmale nicht so zahlreich sind, dass der Versuch, ein möglichst natürliches (natürlich nicht phylogenetisches!) System derselben aufzustellen, nicht als aussichtslos zu gelten hat. Das im folgenden skizzierte System soll ein solcher Versuch sein.

I. Der adnate Typus = Ephaptomenon.

A. aquatisch . . . . . 1. Kl. Nereïden
(jede Unterklasse zerfällt in sedentäre und reptante Formen, und weiter nach dem Sauerstoffbedürfnis)
a) autotroph . . . . . Unterkl. Autonereïden
b) heterotroph
α) von gelöster toter Nahrung lebend . Unterkl. Sapronereïden
β) von gelöster lebender Nahrung lebend Unterkl. Paranereïden
γ) von geformter Nahrung lebend . . Unterkl. Phagonereïden
B. amphibisch . . . . . 2. Kl. Amphinereïden
(weitere Gliederung wie bei A und C)

a) autotroph . . . . . Unterkl. Autamphinereïden
b) heterotroph . . . . . Unterkl. Heteramphinereïden

C. aërisch (Lufthafter)
(weitere Gliederung in sedentäre und reptante und nach der Xeromorphie)
a) autotroph (inkl. Hemisaprophyten und Hemiparasiten, Epipetren, Epixylen und Epiphyllen umfassend) . . . . . 3. Kl. Autephaptomenon
b) heterotroph . . . . . 4. Kl. Heterephaptomenon
α) saprob . . . . . Unterkl. Saprephaptomenon
β) parasitisch . . . . . Unterkl. Parephaptomenon
γ) phagont . . . . . Unterkl. Phagephaptomenon

D. ins Substrat mehr oder weniger völlig eingesenkt
a) in Hartgebilden (Fels, Schalen, Borke usw.) 5. Kl. Innatae
α) in anorganischem Substrat . . . . Unterkl. Endopetren
β) in organischem Substrat . . . . . Unterkl. Endoxylen
b) in Lebewesen
α) autotroph . . . . . 6. Kl. Endophyten
β) heterotroph . . . . . 7. Kl. Endöken
α') saprob . . . . . Unterkl. Endosaprobien
β') parasitisch . . . . . Unterkl. Endoparasiten

II. Der radicante Typus = Rhizumenon
(innerhalb jeder Klasse und Unterklasse ist in sedentäre, subterrane und supraterrane Formen zu gliedern, innerhalb der aerischen weiter nach der Xeromorphie, innerhalb der aquatischen nach dem Sauerstoffbedürfnis).

A. Überdauerungsorgane hoch über dem Boden 8. Kl. Phanerophyten
a) völlig selbständig . . . . . Unterkl. Stammpflanzen (Hylemata)
(Baumförmige oder Dendrodea, Strauchförmige oder Thamnodea und die „Krautluftpflanzen" inkl. Stammsukkulenten umfassend)
b) stützbedürftig . . . . . Unterkl. Holzlianen
c) mehr oder weniger parasitisch . . . Unterkl. Holzparasiten

B. Überdauerungsorgane wenig über dem Boden . . . . . 9. Kl. Chamaephyten
a) Wasseraufnahme vorwiegend oberirdisch . . . . . Unterkl. Bryochamaephyten
b) Wasseraufnahme ober- und unterirdisch Unterkl. Polsterpflanzen
c) Wasseraufnahme vorwiegend unterirdisch . . . . . Unterkl. Euchamaephyten

C. Überdauerungsorgane an der Bodenfläche 10. Kl. Hemikryptophyten
a) Laubblätter schmalspreitig . . . . . Unterkl. Poiodea
b) Laubblätter breitspreitig
α) nur Rosettenblätter . . . . . Unterkl. Basiphylla (Rosetten)
β) nur Stengelblätter . . . . . Unterkl. Thyrsophylla
γ) Rosetten- und Stengelblätter . . . Unterkl. Basithyrsophylla

D. Überdauerungsorgane im Boden (Kryptophyta)
a) Vegetative Organe ständig im Wasser . 11. Kl. Hydrokryptophyta
b) Vegetative Organe amphibisch . . . 12. Kl. Amphikryptophyta
c) Vegetative Organe nur ausnahmsweise im Wasser (Geophyta)
a') autotroph (inkl. Hemisaprophyten und Hemiparasiten)
α) Bodenruhe aus andern Gründen als Wassermangel . . . . . 13. Kl. Eugeophyta
β) Bodenruhe aus Wassermangel . 14. Kl. Xerogeophyta
b') heterotroph . . . . . 15. Kl. Heterogeophyta
α) saprophytisch . . . . . Unterkl. Saprogeophyta
β) parasitisch . . . . . Unterkl. Parageophyta

III. Der errante Typus = Planomenon
(weitere Gliederung der aquatischen Formen nach dem Sauerstoffbedürfnis).

A. Bewegung vorwiegend passiv	
a) im offenen Wasser treibend	16. Kl. Plankton
α) autotroph	Unterkl. Phytoplankton
β) saprob	Unterkl. Saproplankton
γ) parasitisch	Unterkl. Paraplankton
δ) phagont	Unterkl. Phagoplankton
b) an der Wasseroberfläche treibend . .	17. Kl. Pleuston
α) über oder unter das Oberflächenhäutchen ragend	Unterkl. Makropleuston
β) im Oberflächenhäutchen (Neuston) .	Unterkl. Mikropleuston
c) vorwiegend in und auf Schnee und Eis	18. Kl. Kryoplankton
d) im Bodenwasser lebend	19. Kl. Edaphon (Edaphobien)
B. Bewegung vorwiegend aktiv	20. Kl. Tacheion (Tachyzoen)
a) Bewegung vorwiegend schwimmend .	Unterkl. Nekton (Natantia)
b) Bewegung vorwiegend kriechend . .	Unterkl. Herpon (Reptantia)
c) Bewegung vorwiegend laufend oder springend	Unterkl. Trechon (Andantia)
d) Bewegung vorwiegend fliegend . . .	Unterkl. Petomenon (Volantia)

Ich bin mir der Inkonsequenzen in der Umgrenzung dieser Klassen und Unterklassen wohl bewusst: sie rühren daher, dass vielfach praktische Erwägungen massgebend waren.

5. Bemerkungen zu den einzelnen Klassen:

1. Kl. Der Name Nereïden wurde von Warming (1895) für die aquatischen Haftpflanzen eingeführt. Obwohl Warming zunächst von „steinliebenden Hydrophyten" spricht, gibt er doch ausdrücklich an, dass sie sich auch auf andern harten Substraten finden. Die Ausdehnung des Begriffes auch auf nicht autotrophe Adnate scheint mir ohne weiteres berechtigt. Von wandernden Nereiden nennt Warming z. B. manche Florideen und Podostemonaceen (dies mit den Hydrostachyaceen wohl die einzigen Blütenpflanzen unter den Nereïden), über einjährige Nereïden vgl. man z. B. Kjellman, Börgesen und Jonsson. Neben saprophytischen und parasitischen Wasserpilzen und einigen Florideen kommt zu den heterotrophen Nereïden die ganze sessile Fauna des Wassers. Sedentäre Phagonereïden sind beispielsweise die meisten Korallen, Hydrozoen, Spongien, Bryozoen, Röhrenwürmer und Cirripedien, von Mollusken z. B. die Austern. Als Beispiele reptanter seien von Süsswasserbewohnern *Hydra*, *Cristatella*, *Ancylus* und *Dreissensia* genannt, von reptanten Paranereïden die Fischegel *(Piscicola)*, von sedentären die parasitischen Copepoden.[1])
2. Kl. Als typische Beispiele der amphibischen Nereïden können wohl alle Arten der Wassermoosgattung *Cinclidotus*

[1]) Zahlreiche weitere Beispiele z. B. bei Doflein 1914 p. 221 ff.

dienen, ferner die Algen der „Furchensteine“ und „Schneggli-sande“ (vgl. z. B. Schröter und Kirchner 1902, Baumann 1911) und zahlreiche Algen und Flechten der „supralitoralen Meeresgürtel“ (vgl. z. B. Häyrén 1914). Heteramphinereïden sind beispielsweise die Meerpocken (*Balanus*) und manche Mollusken.

3. Kl. Aërische Haftpflanzen sind im gemässigten Klima von Autotrophen wohl nur Thallophyten und Bryophyten (*Polypodium vulgare* nimmt eine Zwischenstellung zwischen Adnaten und Radicanten ein), von tropischen Epiphyten sind beispielsweise manche Farne wie *Platycerium*, Orchideen wie *Taenicphyllum* und *Bolbophyllum* (Kl. 22 von Drude 1913) und viele Bromeliaceen echte Haftpflanzen.

Für die Felshafter führte Schimper (1898) den Namen Lithophyten ein und Öttli (1905) präzisierte ihn näher. Trotzdem dieser Name, wie Öttli ausdrücklich sagt, wenig glücklich scheint, ist er ziemlich allgemein angenommen worden. Schröter (1908) stellt den „Felshaftern“ im engern Sinn (im wesentlichen nur Steinalgen) die „Felswurzler“[1]) gegenüber, die mit Rhizinen oder Rhizoiden mehr oder weniger ins Substrat eindringen. Ich möchte diese jedoch mit den Felshaftern vereinigen und ebenso auch diejenigen Moose, die so fest auf dem Gestein haften, dass man sie nicht als blosse „Oberflächenpflanzen“ samt der Humusschicht ablösen kann. (Es sind besonders unter den Akrokarpen verhältnismässig wenige Gattungen und Familien. Beispielsweise gibt es in den grossen Familien der *Pottiaceen* und *Bryaceen* wohl gar keine Felshafter, sondern nur „Exochomophyten“, d. h. in diesem Fall Bryochamaephyten).

Aus verschiedenen Gründen scheint es mir ratsam, das Wort „Lithophyten“, das auch vielfach im Sinn der „Petrophyten“ (Öttli) gebraucht wird, die keine ökologisch einheitliche Gruppe darstellen, fallen zu lassen. Die den „Lithophyten“ von Schimper gegenüber gestellten „Chasmophyten“ sind auch keine epharmonisch einheitliche Gruppe, sondern verteilen sich auf ganz verschiedene Klassen des radicanten Typus.

Es besteht eine sehr enge Verwandtschaft zwischen den Felshaftern, die ich als Epipetren (sprachlich richtiger als Epilithen) bezeichne und den Rinden- und Blatthaftern (Epixylen oder Epiphlœen und Epiphyllen (vgl. die „Corticales,

[1]) Wetter (1918) nennt die Felshafter „Epilithophyten“, die Felswurzler (angeblich nur Flechten) „Rhizolithophyten“ und stellt beide zusammen als „Exolithophyten“ den „Endolithophyten“ (meinen Endopetren) gegenüber.

Epixyloneae und Epiphyllae" von Mirbel 1815!) Vielfach sind es dieselben Arten. Das wusste bereits Sendtner (1854 p. 432, vgl. auch Sernander 1891 und Schimper 1898 p. 208). Ja, es können ganze Gesellschaften verschiedener Flechten, Laub- und Lebermoose sowohl auf Baumrinde wachsen wie auf Fels. Die meisten derartigen Arten erweisen sich als kalkmeidend, aber auch indifferente oder selbst etwas kalkholde Arten gehen auf Holz wie *Trentepohlia aurea*, *Neckera crispa* und *Anomodon viticulosus*. Vielfach ziehen dieselben Arten in wärmerm Klima Rinde vor, gegen ihre nördliche und alpine Grenze dagegen Gestein (vgl. darüber Häyrén 1914, Schlusskapitel). So wachsen die im Mittelmeergebiet an Korkeichen und Oliven wachsenden Moose *Leptodon Smithii* und *Fabbronia pusilla* im Wallis ausschliesslich auf Gestein in den geschütztesten Lagen, denn nur hier finden sie gleichzeitig die erforderliche Wärme und Luftfeuchtigkeit. Die im schweizerischen Mittelland und in den tiefern Alpentälern auf Rinde so gemeinen Lebermoose *Radula complanata, Frullania dilatata, Lejeunea cavifolia* und von Flechten z. B. *Anaptychia ciliaris* finden sich in der subalpinen Stufe vorwiegend und in der alpinen ausschliesslich auf Gestein. Einzelne sonst nur rindenbewohnende Flechten treten auf den belgischen Dünen sogar auf Sand auf (vgl. Massart 1907 Phot. 82 und 1910 p. 406). In andern Fällen treten von systematisch wie ökologisch nahe verwandten Arten die einen auf Gestein, die andern auf Rinde auf. So wachsen von *Trentepohlia*-Arten *T. umbrina* und *abietina* wohl nur auf Holz und Rinde, *T. iolithus* nur auf kalkfreiem Gestein, *T. aurea* auf Holz und andern Pflanzenteilen so gut wie auf verschiedenartigem, besonders auf kalkhaltigem Gestein. Die Übereinstimmung zwischen den autotrophen Epipetren und Epixylen geht so weit, dass man bei allen wirklich exklusive Holz bewohnenden Arten wenigstens einen beschränkten Grad von Saprophytismus oder Parasitismus anzunehmen berechtigt ist. Andererseits gehen freilich nicht alle Felshafter auch auf Holz. Es scheint mir geboten, alle aerischen autotrophen Haftpflanzen (darunter auch wenige epizoische, z. B. einige tropische *Chroolepidaceen)* zu einer einzigen Klasse zu vereinigen.

Nach ihrem Wandervermögen zerfallen die Haftpflanzen in sedentäre, wie die akrokarpen Haftmoose *(Andreaea, Grimmia* p. p., *Orthotrichum* etc.), die strauchigen oder blattförmigen Haftflechten (z. B. *Usnea, Ramalina, Gyrophora)* und die subaerischen

Algen ohne Kriechstämme (z. B. viele *Chroococcaceen, Protococcus* usw.), und in wandernde oder reptante Arten, wie die meisten pleurokarpen Haftmoose (z. B. *Pterigynandrum* und manche *Leskea*-Arten), die meisten adnaten Lebermoose, Blatt- und Krustenflechten, die Luftalgen mit Kriechstämmen (z. B. *Scytonemataceen* und *Stigonemataceen).* Bei den kriechenden Haftpflanzen verwischt sich die Grenze gegen die wurzelnden Bryochamaephyten, dieselbe Art kann hier bald adnat, bald radicant auftreten.

Die Haftpflanzen (Autephaptomenon) reagieren dank ihrer Beschränkung auf relativ einheitliche Lebensorte weit schärfer auf die ökologischen Faktoren als die Wurzelpflanzen, deren oberirdische Organe ganz andere Lebensorte einnehmen als die unterirdischen. Je weiter jene in die Atmosphäre ragen, diese in den Boden, desto unübersichtlicher werden die auf sie einwirkenden Einflüsse. Bäume und Sträucher, deren Wurzelwerk sehr verschiedene Bodenschichten durchdringt, sind in viel geringerm Grad von den „edaphischen Faktoren", insbesondere vom Chemismus, abhängig als flachwurzelnde. Auch ihr Laubwerk erstreckt sich über so verschiedenartige Lebensorte, dass sie nicht als Indikatoren für das „Lokalklima", wohl aber für das Gesamtklima zu brauchen sind. Umgekehrt stellen die Adnaten die feinsten Indikatoren sowohl für physikalische Faktoren (Wärme, Verdunstung, Licht) als auch für chemische (z. B. Verunreinigungen der Luft, Kalk- und Stickstoffgehalt des Substrats) dar. Wer sich daher mit genauen Messungen dieser einzelnen Faktoren (wie Verdunstung, Lichtintensität, osmotischer Druck der Bodenlösung) befasst, sollte in erster Linie sein Augenmerk den Haftpflanzen zuwenden. Im Gegensatz zu den meisten Radicanten und Erranten und zu vielen Nereïden sind die aerischen Haftpflanzen darauf angewiesen, ungünstige Jahreszeiten im vegetativen Zustand zu überdauern und müssen daher auch an ganz extreme Bedingungen angepasst sein.

Über den Einfluss tiefer Temperaturen und langdauernder Schneebedeckung auf die Haftflechten vgl. man Nilson (1907).

Mit Bezug auf die Verdunstungsoptima gelange ich auf Grund eigener (freilich nicht instrumenteller) Beobachtungen um Zürich, im Wallis und im Engadin, zur Aufstellung folgender Reihen, die abnehmender Verdunstung entsprechen:

auf kalkreicher Unterlage:

Grimmia tergestina / *Diploschistes scruposus* → *Grimmia leucophaea* / *Psora decipiens*
→ *Schistidium apocarpum* / *Orthotrichum anomalum* → *Neckera crispa* / *Dermatocarpon miniatum*
→ *Trentepohlia aurea* / *Gyalecta cupularis*

auf kalkarmem Gestein unter der Waldgrenze:

Grimmia commutata / *Parmelia conspersa* → *Leucodon sciuroides* / *Orthotrichum rupestre*
→ *Hedwigia albicans* / *Pterigynandrum filiforme* → *Racomitrium lanuginosum* / *Antitrichia curtipendula*
→ *Thamnium Alopecurum* / *Trentepohlia Jolithus*

desgleichen über der Waldgrenze (also bei tieferer Temperatur):

Gyrophora cylindrica und *polyphylla* → *Grimmia alpestris* und *subsulcata*
→ *Andreaea petrophila* / *Acarospora chlorophana* → *Blindia acuta* / *Gymnomitrium concinnatum*

auf Baumrinde (viele dieser Arten auch auf Gestein):

Orthotrichum diaphanum / *Physcia tenella* → *Orthotrichem speciosum* / *Anaptychia ciliaris*
→ *Frullania dilatata* / *Radula complanata* → *Frullania tamarisci* / *Ulota crispa*
→ *Microlejeunea ulicina* / *Trentepohlia abietina*

Dies nur als Beispiele von Artenreihen, die meines Erachtens besonders geeignet zur Aufstellung eines „biologischen Evaporimeters" sein dürften. Es sind hiezu natürlich Arten mit einer relativ kleinen Amplitude des betreffenden Faktors („stenœcische"), aber mit möglichst weiter Verbreitung auszuwählen, nicht aber solche mit weiter Amplitude („euryœcische"), wie z. B. *Rhizocarpon geographicum*, das auf kalkfreiem Gestein ebenso in sehr trockener als in fast stets dampfgesättigter Luft vorzukommen vermag und auch mit Bezug auf Licht und Wärme sehr wenig wählerisch ist. Wenn einmal für alle direkten Faktoren solche Skalen durchgearbeitet, d. h. auch zahlenmässig belegt sein werden, wird der Synökologe in diesen ein äusserst zuverlässiges Hilfsmittel besitzen und auf weitere direkte Messungen verzichten können. Das gilt natürlich ebenso wie für die Verdunstung auch für Licht und Wärme. Als sehr wertvolle Untersuchungen auf diesem Gebiet seien diejenigen von

Schade und Lämmermayr genannt. Wie bedeutend die Unterschiede an benachbarten Lebensorten sein können, mögen einige eigene Messungen zeigen.

An Gneissblöcken bei 1260 m Höhe oberhalb Brançon erhielt ich am 20. VI 1916 2 Uhr bei Sonnenschein und leichtem Wind folgende Werte: im oberflächlichen Ritzen der südexponierten Felsflächen mit *Rhizocarpon*-Arten und *Parmelia prolixa* 30,0°, auf der trockenen Nordseite eines Blockes mit *Grimmia elatior* und *Hedwigia albicans* 16,0° und einen relativen Lichtgenuss von $\frac{1}{7}$ (gemessen mit Wynnes Infallible), in einer nordostexponierten feuchtschattigen Nische derselben Blöcke mit *Neckera complanata* und *Metzgeria furcata* 11,3° und einen relativen Lichtgenuss von weniger als $\frac{1}{2000}$.

Als Beispiel einer ausgesprochen schattenfordernden Flechte kalkarmer subalpiner und alpiner Felsen sei *Acarospora chlorophana* genannt. An einem ihrer Wurzelorte (ob Fully 2030 m) mass ich bei Sonnenschein einen relativen Lichtgenuss von $\frac{1}{240}$, bei bedecktem Himmel $\frac{1}{150}$ der Lichtmenge im Freien.

Ebenso scharf wie auf die physikalischen reagieren die Adnaten auf die chemischen Faktoren. Infolge der Luftverunreinigung fehlen die meisten Arten den Städten. Von der allbekannten Reaktion auf den Kalkgehalt (den für die Haftflechten selbst Cowles 1911b anerkannt!) will ich nicht reden, wohl aber von der viel weniger bekannten Reaktion auf den Nitratgehalt. Grundlegend sind hiefür Sernanders Studien über die nitrophilen Flechten (1912, vgl. auch Warming 1906 und Häyrén 1914). Sernander unterscheidet ornithokoprophile Flechten, d. h. Guano-liebende und koniophile, die düngenden Staub heischen. Als besonders nitrophil nennt er die Arten der Gattungen *Caloplaca* (inkl. *Gasparrinia*), *Physcia* und *Xanthoria,* ferner *Placodium saxicola.* Was die genannten Forscher für Fennoskandien feststellten, kann ich für die Schweiz nur bestätigen. In den Alpen ist insbesondere *Caloplaca elegans,* die Vogler (1901) zu Unrecht als Kalkflechte hinstellte, eine ausgesprochen nitrophile Art. Als koniophile Art überkleidet sie die granitenen Randsteine der Alpenstrassen. Auf der Alp Tavernen am Simplon überzieht sie die Gneissplatten an den Mauern und Dächern von Sennhütten und Ställen, fehlt aber der weitern Umgebung nahezu. Als ausgesprochen ornithokoprophil hat in den Alpen ihre var. *tenuis* zu gelten, die zusammen mit *Placodium dispersoareolatum* die von der Alpendohle (*Pyrrhocorax alpinus*) und

dem Kolkraben (*Corvus corax*) zu Sitzplätzen auserkorenen Pfeiler und Türme der Waadtländer-, Walliser- und Berneralpen und der Unterengadiner Dolomiten in ein rotes, weithin leuchtendes Gewand kleidet.

Von nitrophilen Algen seien besonders *Prasiola crispa*, eine Charakterart der Vogelberge und feuchter Strassenränder in Dörfern und Städten, und *Porphyridium cruentum* genannt. Die wenigen in den Grosstädten vorkommenden Haftpflanzen sind nahezu ausnahmslos nitrophil. Das mag über die adnate „Lägerflora" genügen.

4. Kl. Zum Heterephaptomenon rechne ich die Fruchtkörper der meisten Pilze, aber auch manche phanerogame Parasiten, bei denen sich freilich die Grenze zwischen Adnaten und Radicanten verwischt. Von tierischen Vertretern seien die Blatt- und Schildläuse, die Mallophagen und Pediculiden genannt, von reptanten Formen leiten die Landschnecken und viele Insektenlarven zu den erranten Formen über.
5. Kl. Dass es nicht nur „endolithische" und „endophlœische" Flechten (vgl. bes. die Arbeiten von E. Bachmann) gibt, sondern auch ebensolche Algen, ist erst in neuerer Zeit sichergestellt worden. „Perforierende Algen" hat z. B. Chodat (1897, vgl. auch Boysen-Jensen 1909) beschrieben, perforierende Tiere sind längst in grösserer Zahl aus der marinen Faune bekannt (z. B. *Vioa, Teredo, Pholas* usw.). Die zuerst von Diels (1914) und E. Bachmann (1915) näher untersuchten „endolithischen Algen" hat freilich schon H. B. de Saussure 1781 bei Vernayaz im Unterwallis gesehen, ohne sie jedoch als solche zu erkennen: „Quelques rochers de cette montagne ont leur surface recouverte d'une matière pierreuse, verte, onctueuse, mais très-dure, demi-transparente, d'une ou deux lignes d'epaisseur, que les eaux paroissent avoir anciennement séparée et rassemblée de ces rochers." Ohne diese Angabe zu kennen, habe ich dasselbe Vorkommnis untersucht und als „*Endo-Glœocapsetum*" ähnlich dem von Diels beschriebenen erkannt. Diels teilt die „Lithophyten" in „Epilithophyten" und „Endolithophyten", E. Bachmann, der neuerdings auch einen kalklösenden, „endolithischen" Pilz (*Pharcidia lichenum*) beschrieben hat, unterscheidet innerhalb der Endolithen noch „Felseinwohner" und „Felshafter".[1]) Aus denselben Gründen, weshalb ich die Felshafter mit den

[1]) Wetter (1918) nennt erstere „Phagolithophyten", letztere „Chasmolithophyten", befasst sich aber nicht weiter mit diesen Gruppen.

Rindenhaftern vereinige, scheint es mir auch geboten, die Endopetren (besser als Endolithen) mit den Endoxylen (hieher besonders Krustenflechten) zu einer Klasse zu vereinigen als Innatae, die man weiter in autotrophe und heterotrophe gliedern kann. Zu einer weitern Scheidung innerhalb der autotrophen Endopetren, wie der von Bachmann, scheinen mir unsere heutigen Kenntnisse hierüber noch zu gering.

6. Kl. Unter Endophyten verstehe ich in lebenden pflanzlichen und tierischen Geweben lebende wenigstens teilweise autotrophe Organismen. Es sind wohl ausschliesslich Algen, wie *Chlorochytrium* und *Phyllobium,* dann die mit Flechtenpilzen, Laub- und Lebermoosen (z. B. *Blasia* und *Anthoceros*), *Azolla*, *Cycas* usw. in Symbiose lebenden Blau- und Grünalgen, die „Zoochlorellen" von Rhizopoden, Ciliaten, Cœlenteraten usw., die „Zooxanthellen" von Radiolarien. Vielleicht sind auch manche mehr oder weniger autotrophe Bakterien (Knöllchenbakterien!) hieherzustellen.
7. Kl. Als saprobe Endöken kann man in erster Linie zahlreiche Darmbewohner (Bakterien, Ciliaten und Flagellaten) der Wirbeltiere zusammenfassen; ob es auch rein saprobe Inwohner pflanzlicher Organismen gibt (endotrophe Mykorrhiza?) bleibe dahingestellt. Von Endoparasiten seien die pflanzlichen und tierischen Gallenbildner, die Blut- und Darmschmarotzer genannt.
8. Kl. Bei den radicanten Klassen kann ich mich auf eine Begründung der Abweichungen von den bisherigen Systemen, insbesondere demjenigen Raunkiaers, beschränken. Die wesentlichste ist die, dass ich auch die Kryptogamen einbeziehe, wogegen Tiere kaum in Betracht kommen (höchstens könnte man die in *Carcinus* „wurzelnde" *Sacculina* und einige Hydroiden hieher rechnen). Schon Kerner hat unter seine „Filzpflanzen", die im wesentlichen Raunkiaers Chamaephyten entsprechen, auch Strauchflechten und Erdmoose gerechnet; das zu ihrer Absonderung von Warming benutzte Prinzip der Wasseraufnahme wage ich erst innerhalb der einzelnen Klassen anzuwenden.

Weshalb ich innerhalb der Phanerophyten nicht die Einteilung Raunkiaers annehmen kann, habe ich bereits kurz ausgeführt (Seite 326 und 332). Mir scheint eine Dreiteilung in Stammpflanzen (Hylemata Theophrasts), Lianen und Holzparasiten zu genügen. Innerhalb der Stammpflanzen kann mau weiter, freilich nicht in allen Fällen, Bäume (Dendrodea), Sträucher (Thamnodea) und Kleinsträucher (Phryganodea) einerseits und

unverholzte Stammpflanzen andrerseits unterscheiden. Die Mesomorphen der letzten Gruppe sind die „Krautluftpflanzen" Raunkiaers, die Xeromorphen die „Stammsukkulenten". Weiter kann man nach dem Wandervermögen gliedern, nach allfälligen Anpassungen an regelmässige Überflutungen und nach der Xeromorphie. In vielen Fällen wird man wohl auf eine Gliederung der Stammpflanzen in Bäume und Sträucher verzichten, so bei den Mangroven und Stammsukkulenten.

Die zuletzt von Brockmann und Rübel (1912) durchgeführte Gliederung der Bäume und Sträucher nach dem Laub hat den Nachteil, dass die Laubbeschaffenheit ganz wesentlich davon abhängt, ob das Laub abgeworfen wird oder nicht, und das ist ein phænologisches, also nicht rein epharmonisches Merkmal. Soweit eine Einteilung nach dem Laub überhaupt rein ökologisch (nicht morphologisch-physiologisch) ist, wird sie durch eine solche nach der Xeromorphie (kombiniert mit den später zu behandelnden phænologischen Aspekten) ersetzt. Manche physiognomisch verschiedenen Typen scheinen ökologisch zusammenzugehören. So wächst die ericoide *Erica arborea* häufig mit dem lorbeerblättrigen *Laurus nobilis* zusammen, die ericoide *Calluna* mit dem lorbeerblättrigen *Vaccinium Vitis idaea* und dem laubwechselnden *Vaccinium Myrtillus*. Diese von den Skandinaviern als „Reiser" zusammengefassten Kleinsträucher bilden eine sehr natürliche, von den mesomorphen Sträuchern zu den mesomorphen Chamaephyten überleitende Gruppe, die von Vertretern anderer Familien beispielsweise auch *Juniperus montana* und *Empetrum* umfasst. Umgekehrt sind die Nadelhölzer (Aciculilignosa, Brockmann und Rübel), wie auch Rübel 1913 ausdrücklich sagt, eine nichts weniger als ökologisch einheitliche Gruppe. Mit den Sklerophyllen dürften beispielsweise *Juniperus sabina, phœnicea* und *Oxycedrus* zu vereinen sein, mit den lorbeerblättrigen Ericoiden Arten von *Abies, Tsuga, Thuja* usw. Die subalpinen und subarktischen Nadelhölzer schliesslich dürften der Xeromorphie nach (in dem Seite 337 und 338 umschriebenen Sinn) kaum von den sie begleitenden Laubhölzern (*Betula, Alnus, Sorbus* usw.) zu trennen sein. Eine exakte Bestimmung der Xeromorphie der Bäume nach dem Potometerverfahren stösst allerdings auf nicht geringe Schwierigkeiten!

9. Kl. Zu den von Raunkiaer unterschiedenen Chamaephyten-Gruppen (Halbstrauch-Chamaephyten, passive und aktive Chamaephyten und Polsterpflanzen) kommen die chamaephytischen

Flechten und Moose, die schon in ihrem ständigen Vorkommen zwischen den phanerogamen Chamaephyten ähnliche ökologische Ansprüche verraten. Während diese „Bryochamaephyten" allmählich zu den Adnaten überleiten, gehen die Halbstrauch-Chamaephyten ebenso gleitend in die Kleinsträucher über. Sowohl die „Phrygana" des Theophrast, wie die „Reiser" der Skandinavier, umfassen zu den Chamaephyten zu stellende Halbsträucher wie phanerophytische Zwergsträucher (Nanophanerophyten). Während die „passiven Chamaephyten" zu den Hemikryptophyten überleiten, wird die Ausscheidung der „aktiven" durch die Einteilung nach dem Wandervermögen unnötig. Die phanerogamen Polsterpflanzen nehmen eine Mittelstellung zwischen den „Bryochamaephyten" und den übrigen oder „Eu-Chamaephyten" ein, insbesondere mit Bezug auf die Wasserversorgung. Innerhalb jeder der drei Chamaephytengruppen lassen sich sedentäre und supraterrane Formen unterscheiden, subterrane nur unter den Euchamaephyten. So bilden die Chamaephyten eine hochbedeutsame Klasse, die einerseits die Hemikryptophyten mit den Phanerophyten verbindet, und andererseits durch die Bryochamaephyten Beziehungen zu den Adnaten zeigt. Jede Unterklasse kann natürlich weiter nach der Xeromorphie gegliedert werden.

10. Kl. Die grosse Mehrzahl der „Kräuter" und „Stauden", deren Verjüngungsknospen an oder wenig unter der Erdoberfläche liegen, belegt Raunkiaer mit dem treffenden Namen „Erdschürfepflanzen" oder „Hemikryptophyten". Will man der Kürze halber das Wort „Kräuter" oder „herbidae" beibehalten, so tut man gut, genau anzugeben, was man darunter versteht. Vielfach werden als „Kräuter" nur noch die „Therophyten" Raunkiaers bezeichnet, wogegen nicht nur Theophrast und der allgemeine Sprachgebrauch, sondern auch Brockmann und Rübel (1912 u. 13) darunter ausser allen Hemikryptophyten auch alle Kryptophyten, einen Teil der Chamaephyten und selbst die Adnaten verstehen.

Wie Raunkiaer ausführt, ist es von Wichtigkeit, ob die Laubblätter nur am Stengelgrund, nur am Stengel oder an beiden Orten stehen, wonach er Rosetten, Protohemikryptophyten und Halbrosetten unterscheidet. Im Prinzip dieselbe Unterscheidung nahmen schon Theophrast und Thurmann vor. Diese Unterscheidung scheint mir jedoch nur für die breitblättrigen Hemikryptophyten von Bedeutung zu sein, bei den schmalblättrigen (Poiodea Theophrasts, Grasformen der meisten Autoren vor und

nach Raunkiaer) macht es wohl keinen grossen ökologischen Unterschied aus, ob der Halm wie bei *Molinia, Nardus* und vielen *Carices* blattlos ist oder nicht. So ergeben sich die vier Unterklassen der Grasblättrigen (Poiodea), der Rosettenblättrigen (Basiphylla), der Straussblättrigen (Thyrsophylla) und der Basithyrsophylla. Die weitere Gliederung erfolgt, ähnlich wie bei Raunkiaer, in sedentäre, subterrane und supraterrane, sowie nach der Xeromorphie. Diese Unterscheidung deckt sich so wenig wie bei den Phanerophyten mit der in Immergrüne und Tropophylle: solche gibt es sowohl bei den Xeromorphen wie bei den Hygromorphen, ja vielfach überwintert dieselbe Pflanze in tiefern Lagen und milden Wintern „immergrün", in höhern Lagen und strengen Wintern nur mit Knospen. Wahrscheinlich sind, wie im folgenden zu zeigen ist, zu den Hemikryptophyten auch einjährige Arten (wie *Poa annua* und *Stellaria media*) zu stellen[1]), vielleicht auch einige der von mir zu den Kryptophyten gestellten Bryophyten.

11.—15. Kl. Mit den Kryptophyten Raunkiaers vereinige ich ausser den hieher gehörigen Thallophyten und Bryophyten auch die Therophyten. Wie ich schon ausführte, vermag ich die Lebensdauer nicht als massgebenden Einteilungsgrund anzuerkennen. Gewiss ist zuzugeben, dass die Therophyten z. B. Neuland rascher zu besiedeln vermögen, als die Geophyten in Raunkiaers Fassung. Wollte man aber die Besiedlungstüchtigkeit als massgebenden Einteilungsgrund annehmen, dann müsste man z. B. auch die Anemochoren ausscheiden, was mir für die Haupteinteilung der Lebensformen nicht ratsam scheint. Wollte man die Annuellen und Biennen bei den Geophyten abtrennen, müsste man das logischerweise auch bei den Hydrophyten tun, was Raunkiaer aus guten Gründen unterlässt.[2]) Vielfach hängt es lediglich von der Familien- oder Gattungszugehörigkeit ab, ob eine Pflanze ungünstige Jahreszeiten in Knospen oder Samen überdauert (vgl. Hildebrand 1882). Unter den „Xerogeophyten" ist ersteres beispielsweise bei den Liliifloren, letzteres bei den Gramineen und Cruciferen die Regel. Unter den biennen Gräsern gibt es solche, die sich sozusagen vergeblich bemühen, eine Zwiebel auszubilden, z. B. *Poa bulbosa* und *concinna*. Andrerseits

[1]) Insbesondere gehören hieher auch die „zweijährigen Rosettenstauden", die auch Raunkiaer nicht als Therophyten behandelt.

[2]) Man wird einwenden, dass die „Geophyten" s. str. durch ihre Speicherorgane einen wesentlich andern Haushalt haben als die „Therophyten". Dieser Unterschied ist aber physiologisch, nicht ökologisch.

gibt es unter den Zwiebel- und Knollenpflanzen solche, die in ihrer Oekologie (natürlich nicht in Morphologie und Physiologie!) weitgehend mit Winterannuellen übereinstimmen. (Gruppe B von Massart!), weshalb ich sie mit diesen vereinige. Da Raunkiaer seine Therophyten zur Charakterisierung der ariden Klimate braucht, hütet er sich wohl, auch *Najas* und *Trapa* dazuzurechnen. Was sagt aber das Vorkommen noch so vieler *Melampyrum*- und *Rhinanthus*arten über das „Pflanzenklima" aus? Jedenfalls eignen sich die „Xerogeophyten" in meiner Fassung besser zu dem angestrebten Zweck als die „Therophyten", wenn sie auch nicht so leicht „morphologisch" zu erkennen sind.[1])

11. Kl. Die Hydrokryptophyten entsprechen im wesentlichen Raunkiaers Hydrophyten, mit Ausschluss der zum Pleuston gehörigen „Hydrochariten" Warmings. Sie entsprechen also im wesentlichen den Limnæen und Enaliden dieses Autors. Von Thallophyten gehören die *Characeen* hieher, von Bryophyten wahrscheinlich *Riella*. Viele Hydrokryptophyten leiten dadurch zur folgenden Klasse über, dass sie Landformen bilden können, sie blühen aber im Gegensatz zu den Amphikryptophyten in der Regel im aquatischen Zustand.
12. Kl. Die Amphikryptophyten entsprechen im wesentlichen Raunkiaers „Helophyten", natürlich aber nicht den Sumpfpflanzen im gewöhnlichen Sinn, die auch Chamaephyten und Hemikryptophyten enthalten. Im Gegensatz zu den Hydrokryptophyten bilden sie ihre Blütensprosse vorzugsweise auf dem Lande. Man kann sie weiter gliedern in die „Helophyten" im engern Sinn und in die eigentlichen „Amphiphyten" im Sinne Schröters (1902), unter denen es auch mehrere einjährige gibt. Von Bryophyten gehören verschiedene Ricciaceen, z. B. *Ricciella fluitans*, hieher.
13. Kl. Die Eugeophyten, die den Gruppen C und J von Massart entsprechen, unterscheiden sich dadurch von den Xerogeophyten, dass ihre Ruhezeit nicht durch Wassermangel, sondern meist durch Wärme- oder Lichtmangel (z. B. viele Frühlingspflanzen der Laubwälder!), oder auch durch kulturelle Einflüsse (viele Unkräuter![2]) bedingt ist, oder auch durch periodische Über-

[1]) Will man die so leicht auszuführende Trennung in Therophyten und Geophyten s. str. dennoch durchführen, so mag man sie als Unterklassen der Eugeophyten und Xerogeophyten bewerten.

[2]) Viele dieser Arten dürften ursprünglich Xerogeophyten gewesen sein, die in den „Kultursteppen" weit über ihr ursprüngliches Areal hinausgegangen sind. Das gilt auch für einige Ackermoose (vgl. Massart 1910 p. 142).

schwemmung des Wurzelorts (z. B. *Cyperus fuscus* und *flavescens*, manche *Riccia*- und *Anthoceros*-Arten), vielfach gleichzeitig durch mehrere dieser Einflüsse. Das Merkmal ist kaum als phaenologisch zu bezeichnen, sondern als rein epharmonisch.

14. Kl. Die Ruhezeit der Xerogeophyten, die den Gruppen A und B von Massart entsprechen, ist in erster Linie oder ausschliesslich durch eine oder mehrere Trockenzeiten bedingt. In erster Linie gehören hieher (neben vielen, aber lange nicht allen Sommerannuellen) weitaus die meisten Winterannuellen, wie *Poa bulbosa, Bromus tectorum, Scleranthus annuus, Erophila verna, Erodium cicutarium.* Ihnen entsprechen genau die von Massart als Gruppe B zusammengefassten Knollen- und Zwiebelpflanzen, die den Winter über assimilieren und im Frühling oder Frühsommer blühen, z. B. *Ranunculus bulbosus, Gagea saxatilis, Muscari comosum* und *racemosum.* Auch *Allium sphaerocephalum* gehört, wenigstens im Wallis, hieher (Jeswiet stellt es für die Niederlande zu Gruppe C von Massart!). Dass dieselbe Art in verschiedenen Gebieten sich verschieden verhalten kann, lehrt *Allium vineale:* ursprünglich wohl ein echter Xerogeophyt, ist es in den Fettwiesen der Nordschweiz und der Rhonetalebene zu einem Eugeophyten geworden: es assimiliert kräftig den ganzen Winter durch, zieht aber dann im Frühling mit dem Höherwerden des Grases ein, also aus Licht- nicht aus Wassermangel.

Von Bryophyten sind verschiedene Laub- und Lebermoose zu den Xerogeophyten zu stellen, so viele Arten von *Pottia, Phascum, Pleuridium, Fossombronia* (vgl. Goebel 1915 p. 648), *Sphaerocarpus texanus, Targionia,* manche asteropore Marchantiaceen usw. Manche davon, wie *Clevea hyalina,* können zugleich auch (in den Alpen und im Norden) als Eugeophyten auftreten. Während die *Pottia*- und *Phascum*-Arten wohl ausschliesslich in Sporenform überdauern, überdauert bei den Asteroporeen und den Pottiaceen *Aloina* und *Crossidium* der mit besondern Anpassungen ausgerüstete Gametophyt. Besonders eigenartig ist das Verhalten von *Riccia Bischoffii,* deren Archegonien und Antheridien im Vorfrühling gebildet werden. In der sommerlichen Trockenzeit ist von den gänzlich eingeschrumpften und mit Lösstaub eingehüllten Thalli (im Wallis) überhaupt nichts zu sehen, sie erscheinen meist erst im Oktober wieder, und mit dem stärker werdenden Tau setzt die Sporenreife ein.

Ein gleichfalls noch nähern Studium bedürftiges Verhalten beobachtete ich bei dem wintergrünen Farn *Gymnogramme leptophylla*. Während z. B. von Goebel das Prothallium als perennierend bezeichnet wird (vgl. Hildebrand 1882 p. 131), stirbt es an den wenigen Walliser Fundorten mit Eintritt der Sommerdürre wohl gänzlich ab, so dass nur die Sporen überdauern. Es ist hier aus einem „Knollengeophyten" der feuchtwarmen Winterregengebiete der Tropen und Subtropen ein „Therophyt" geworden, da hier an der Nordgrenze des Areals nur solche Orte die erforderliche Frostfreiheit bieten, deren sommerliche Dürre ein Überdauern des Prothalliums verunmöglicht. Diese Beispiele zeigen gleich den bekannten Versuchen von Bonnier u. a. (vgl. Hildebrand 1882 p. 88 ff., Schröter 1908 p. 633), wie unscharf die Trennung von Einjährigen und Vieljährigen vielfach ist.[1])

Manche hier als Eugeophyten und Xerogeophyten behandelte Arten sind vielleicht besser zu den Hemikryptophyten zu stellen, so besonders die einjährigen „Immerblüher" (z. B. *Poa annua, Viola tricolor* ssp. *arvensis, Senecio vulgaris*) und viele der zuletzt behandelten Moose, die ja nicht in grösserer Tiefe überdauern.

Alle Kryptophytenklassen lassen sich in sedentäre (alle Annuellen, Stengelknollen-, Wurzelknollen- und Zwiebelgeophyten) und subterrane (Raunkiaers Rhizomgeophyten und Wurzelgeophyten) gliedern.

15. Kl. Als Saprogeophyten sind neben den rein saprophytischen Blütenpflanzen (z. B. *Coralliorhiza, Epipogon, Limodorum)* auch zahlreiche Pilzmyzelien zu bezeichnen, von Fruchtkörpern nur die der Hypogäen. Ferner kann man die viele Jahre rein saprophytisch im Boden lebenden Prothallien der *Ophioglossaceen* und *Lycopodiaceen* hieherrechnen. Zu den Parageophyten zählen die phanerogamen Wurzelschmarotzer (z. B. *Lathraea, Orobanche, Rafflesia*), sowie die Wurzelschmarotzer unter den Pilzen. Bei den Heterogeophyten erweist sich noch mehr als bei den Autogeophyten die Lebensdauer von untergeordneter Bedeutung. So gibt es unter den kaum verschiedenen Lebensformenklassen zuzuteilenden *Orobanche*-Arten einjährige und mehrjährige, und dasselbe gilt von den Pilzmyzelien, oft innerhalb derselben Gattung.

[1]) Das Vorherrschen der Perennen gegenüber den Einjährigen im Gebirge scheint zunächst gegen meine Auffassung zu sprechen, es ist aber lediglich ein Überwiegen der Hemikryptophyten und Chamaephyten gegenüber den Xerogeophyten.

16. Kl. Mit ihrer Beweglichkeit kommt den Erranten eine Sonderstellung mit Bezug auf die Bildung von Lebensgemeinschaften zu. Darin, dass ihre Teile nicht wie bei den Radicanten ganz verschiedene Lebensorte haben, stimmen sie mit den Adnaten überein; die weniger beweglichen unter ihnen liefern daher gleich den Haftpflanzen vorzügliche Indikatoren für die Standortsbedingungen.

Meine Umgrenzung von Phytoplankton, Saproplankton und Phagoplankton deckt sich nur zum Teil mit der allgemein üblichen in Phytoplankton und Zooplankton. Zum Phytoplankton stellte man auch rein saprobe Bakterien, zum Zooplankton rein oder vorwiegend autotrophe Flagellaten. Der Name Saproplankton wurde von Warming (1909 p. 162) nur für die poly- bis mesosaproben (nach Kolkwitz und Marsson) Flagellatengesellschaften kleiner stark verunreinigter Gewässer eingeführt, worunter sich auch mehr oder weniger autotrophe Formen befinden. Ich möchte das Wort auf die rein saproben Plankten (so muss es sprachlich richtig heissen und nicht Planktonten!) beschränken, die durchaus nicht auf derartige Gewässer beschränkt sind, sondern auch in grössern Seen und im Meer vorkommen, ja gerade in den phytoplanktonarmen Alpenseen, wie ich nachweisen konnte, eine gewisse Rolle als Nahrung der Phagoplankten (= Planktozoen) spielen, wahrscheinlich neben autotrophen Algen. Über die Planktonparasiten (Paraplankton) vgl. z. B. Steuer (1910 p. 617—622). Hier wie bei den „Planktonepibionten" (Epiplankton) kann man sich fragen, ob man diese nicht richtiger zu den Adnaten stellen solle.

Bezüglich weiterer Einteilungen des Planktons verweise ich auf Steuer (1910) und Stiasny (1913) und die daselbst verzeichnete Literatur. Dass die Grösse (Einteilung in Makro-, Meso-, Mikro- und Nannoplankton) kein epharmonisches Merkmal ist, wurde schon ausgeführt (Seite 332). Neben dem Sauerstoff- und Salzgehalt des Wassers kommt insbesondere auch die von der Temperatur abhängige Viscosität desselben in Betracht. Die meisten Einteilungen (z. B. Cleve 1897—1900, Gran 1902, Ostenfeld 1903—5, Garbini, Schröder, Istvanffi, vgl. auch Comêre 1910) stützen sich auf die einzelnen Anpassungen zur Erhöhung der Schwebefähigkeit, also auf ein organographisches Merkmal (vgl. insbesondere Wesenberg-Lund 1911). Will man nur das spezifische Gewicht benutzen, so könnte man diejenigen Formen, die leichter als Wasser sind

(fast nur Algen und einige Flagellaten) als Anthoplankton abtrennen: es sind diejenigen Formen, die bei ruhigem Wasser Wasserblüte bilden können.

Den Salzgehalt des Wassers möchte ich hier so wenig zur Aufstellung besonderer Klassen benutzen wie bei den andern Gruppen.

17. Kl. Der Name Pleuston wurde von Kirchner und Schröter für diejenigen passiv treibenden Pflanzen geprägt, die entweder an der Oberfläche des Wassers treiben und teils über dieselbe hinausragen (Hydrochariten Warmings), teils unter derselben treiben, sich aber durch ihre Grösse vom Plankton unterscheiden (z. B. *Ceratophyllum*, *Sargassum*).[1]) Natürlich kann man auch ein Zoo- oder Phago-Pleuston unterscheiden (z. B. *Physalia Janthina* usw.). E. Naumann (1917) machte den beachtenswerten Vorschlag, diejenigen Vertreter des Pleustons, die sich fast ausschiesslich im Oberflächenhäutchen, besonders der kleinern Gewässer, aufhalten und daher nur aus sehr kleinen Formen bestehen, als Neuston auszuscheiden. Hieher gehören beispielsweise *Chromulina Rosanoffii*, *Euglena haematodes* und *sanguinea*, manche Bakterien, von „Zooneusten" manche Rhizopoden und Ciliaten. Man kann diese (allerdings wohl stets nur gewisse Entwicklungsstadien im Oberflächenhäutchen verbringenden) Formen auch als Mikropleuston dem Makropleuston gegenüberstellen (wobei nicht die Grösse die Hauptsache ist!)

18. Kl. Die autotrophen und heterotrophen Inwohner von Schnee und Eis nannte Schröter (1908 p. 623, hier und bei Steiner 1915 die wichtigste Literatur) Kryoplankton. Zweckmässigerweise wird man diesen Namen auf die nur wenig beweglichen Firnschnee- und Schmelzwasserbewohner beschränken, dagegen z. B. die flinken *Desorien* der 20. Klasse zuweisen. Auch die interessante hypochione Lebewelt, die sich aus noch wenig erforschten Myxogasteres (Meylan 1914), Pilzen (bes. Discomyceten), Mollusken (bes. *Vitrina*-Arten) und Insekten (in den Walliseralpen bes. *Phaedon armoraciae* und *Bembidium bipunctatum*) rekrutiert und anscheinend nur in Gegenden mit einer Schneebedeckung von mindestens einem halben Jahr vorkommt

[1]) Dass das Pleuston meist mit wurzelnden Wasserpflanzen vorkommt, widerspricht nicht dessen gesonderter Behandlung (vgl. aber Ostenfeld 1905); denn der Lebensraum der einzelnen Arten ist in beiden Fällen ganz verschieden. Vgl. im übrigen über das Pleuston im weitern Sinn (= Megaplankton Warming) Warming 1918 p. 373 ff. und 471 ff.

möchte ich nicht zum Kryoplankton rechnen. Sie besteht aus recht verschiedenen, ausschliesslich heterotrophen Lebensformen. Auf diese hochinteressante Gesellschaft, für die ich den Namen „Chionochoren" vorschlage, möchte ich aber schon jetzt hinweisen.

19. Kl. Die gleichfalls vorwiegend heterotrophe und mikroskopisch kleine Lebewelt, die sich im Bodenwasser, in feuchten Moosrasen u. dgl. aufhält und insbesondere aus Schizophyten, Rhizopoden, Nematoden, Rotatorien und Oligochaeten besteht, nennt Francé (1913) Edaphon. Hieher kann man auch den Grossteil der Schlammbewohner oder Limicolen stellen, insbesondere die „sapropelische Lebewelt" (Lauterborn 1901) des Faulschlamms stehender Gewässer, ferner auch die „profundale Tierwelt" des Grundwassers, soweit sie nicht dem Nekton zuzuweisen ist (vgl. Zschokke 1916 und die daselbst verzeichnete Literatur).

20. Kl. Der Grossteil der Tierwelt ist infolge seiner Beweglichkeit weniger als die bisher besprochenen Klassen an bestimmte Standorte gebunden, so dass eine Einteilung nach diesen grösseren Schwierigkeiten begegnet. Zwei Einteilungsprinzipien bieten sich vor allem: die Art der Bewegung und die der Atmung.

Nach der Bewegung (natürlich nur nach der vorherrschenden) kann man etwa Schwimmer (Nekton), Kriecher (Herpon, inkl. Grabende), Läufer (Trechon, inkl. Springende) und Flieger (Petomenon) innerhalb den „Schnelltieren" oder Tachyzoen (Tacheion) unterscheiden. Nach der Atmung wären Wasseratmer (Kiemen- und Hautatmer), Doppelatmer und Luftatmer (Lungen- und Luftröhrenatmer) zu unterscheiden, innerhalb der Kiemenatmer weitere Gruppen nach dem Sauerstoffbedürfnis.[1])

---

6. Die Bedeutung der phänologischen Aspekte.

Von den periodischen Erscheinungen in der Lebewelt bilden nur diejenigen den Gegenstand der Phänologie, die durch die Periodizität der „kosmischen Faktoren" (Solms-Laubach) direkt oder mittelbar reguliert werden, also insbesondere diejenigen, die vom jährlichen Temperaturgang abhängen.

---

[1]) Für Einzelheiten sei besonders auf Hesse und Doflein, Tierbau und Tierleben 1910—14, verwiesen.

Auf mehrjährige Perioden hat Brückner (1890) aus den Wasserstandsschwankungen des Kaspi-Sees geschlossen. Sie zeigen eine bemerkenswerte Übereinstimmung mit von Renvall (1912) auf ganz andere Weise ermittelten Klimaperioden (vgl. auch Lakari 1915, Huntington 1914, Clements 1916 p. 329 ff. und p. 440). Renvall stellte in Finnisch-Lappland fest, dass bei der Föhre jedes dritte Jahr reichere Zapfenbildung eintritt und dass die Samenreife nur etwa alle 100 Jahre bis zur arktischen Waldgrenze vordringt. Er schliesst daraus, dass die zur Samenreife erforderlichen Bedingungen in Perioden von ca. 33 Jahren wiederkehren. Ob der von Huntington und Clements angenommene Zusammenhang mit den Sonnenfleckenperioden wirklich besteht, mögen die Meteorologen untersuchen. Auf ähnliche Perioden lässt sich auch aus den Gletscherschwankungen schliessen (Richter 1891, Forel 1899, Bührer 1904). So wichtig derartige Feststellungen besonders für die Floren- und Faunen-Geschichte sind, so kommen sie für die Vegetationsforschung doch kaum in Betracht. Ob die vieljährigen Blühperioden gewisser, besonders tropischer Pflanzen (vgl. Drude 1913 p. 174) mit Klimaperioden in Zusammenhang stehen, ist mindestens fraglich, noch unwahrscheinlicher ist ein solcher Zusammenhang für die nach Jahrgängen oft recht verschiedenen Planktonzyklen (vgl. z. B. Ostenfeld 1903 p. 607).

Vielleicht der wichtigste klimatische Unterschied zwischen den Breitezonen der Erde und den Höhenstufen der Gebirge liegt im Verhalten des Tageszeitenwechsels. Es dürfte sich beispielsweise ergeben, dass die Zahl der „Tagblüher und Nachtblüher" (Hemeranthe[1]) und Nyktanthe von Pound und Clements) und die der Arten mit nyktitropischen Bewegungen (Darwin) in den Tropen am grössten, in der Arktis und Antarktis am kleinsten ist.

Die Phaenologie im engern Sinn befasst sich nur mit den jahreszeitlichen Perioden. Über ihre Geschichte vgl. man Hoffmann und Ihne (1884) und die neuern Arbeiten von Drude. Ihre Hauptförderung erfuhr sie in Belgien durch Quételet, Vanderlinden (1910) und Massart, durch K. Fritsch in Österreich, Moberg in Finnland, durch Dove, Hoffmann, Ihne und Drude in Deutschland. Auch in die Schweiz drang Quételets Aufruf und fand bei Heer und Thurmann bereitwillige Aufnahme (vgl. Heer 1844, Heers Biographie 1885 und als Resultat der Beobachtungen in der Schweiz

[1]) Linné (1750) nannte diese „Solares" und unterschied innerhalb derselben drei weitere Gruppen.

die Dissertation Schwendeners 1856). Seither ist das Interesse hiefür in der Schweiz zurückgegangen (vgl. aber die Arbeiten von Beauverd 1903—13, Fischer-Siegwart, Bretscher u. a.)

Die Ziele der phänologischen Forschungen haben sich im Lauf der Entwicklung wesentlich verschoben, ja es scheint, dass das Gebiet, auf dem sie die schönsten Resultate versprechen, wenigstens in Europa noch kaum in Angriff genommen ist. Man beschränkte sich bisher meist auf die Beobachtung einzelner leicht zu beobachtender „Phasen" des Tier- und Pflanzenlebens, um einerseits die klimatische Bedingtheit derselben festzustellen (wobei man sich meist in der einseitigsten Weise auf die Schattentemperatur beschränkte), und um andererseits daraus Unterschiede im Klima der verschiedenen Stationen abzuleiten („klimatographische Phaenologie" Ihne). Die Hauptschuld an der Geringschätzung, die die Phaenologie heute vielerorts erfährt, trägt die Überschätzung der u. a. von A. de Candolle, Fritsch, Oettingen, Hoffmann und noch neuerdings von Woeikof (1910/11) benutzten verschiedenen Methoden der Temperatursummen. Diese Methoden, die auf einer Überschätzung des Einflusses der absoluten Schattentemperatur beruhen, werden heute mit Recht allgemein abgelehnt, selbst von Ihne (vgl. Köppen 1871, Schimper 1898 p. 260—280 u. 460—470 und die daselbst verzeichneten Schriften von A. de Candolle, Hoffmann, Linsser u. a., ferner Bos 1906, Vahl 1906, Schröter 1908, Drude 1913 p. 162—186). Geradezu widerlegt wurde die zugrundeliegende Hypothese durch die Untersuchungen von Arnold Engler (1905—13). Es ergibt sich daraus klar und deutlich, dass die Periodizität kein rein reactives oder induziertes Merkmal ist, sondern in beträchtlichem Grad erblich fixiert sein kann. Dass sie in hohem Grad epharmonisch ist (freilich nicht ausschliesslich), soll durchaus nicht bestritten werden (vgl. Drude 1913 p. 163). Es ergibt sich daraus die bisher ausseracht gelassene Forderung, dass zur Beurteilung der klimatischen Verhältnisse eines Ortes nur die spontane oder alteingebürgerte Lebewelt gebraucht werden darf; und ferner aus dem Umstand, dass auch „innere", nicht epharmonische Merkmale mitspielen (z. B. beim Blühen der Bambusen und beim Vogelzug!), dass man sich nicht mit der Beobachtung einzelner weniger Arten begnügen darf; da man nicht von vornherein beurteilen kann, wieweit die einzelnen Phasen wirklich epharmonisch sind.

Andererseits bieten die phaenologischen Erscheinungen, gerade weil sie nicht nur von der Temperatur (natürlich nicht von der „Stationstemperatur", sondern vom wirklichen Temperaturgang an

den Lebensorten) abhängen, sondern auch von der vom Temperaturgang abhängigen Verdunstungskraft der Luft und dem Sauerstoffgehalt des Wassers, von der Lichtperiodizität und den Ernährungsbedingungen, ein vorzügliches Mittel zur Beurteilung dieser Faktoren in ihrer Gesamtheit, die im einzelnen sonst nur durch äusserst mühsame, zeitraubende und kostspielige Messungen ermittelt werden können. Während die Phänologie in der Autökologie aus den angegebenen Gründen vielfach versagt hat, scheint sie in der Synökologie berufen, schwer empfundene Lücken auszufüllen. Sie hat dort einzugreifen, wo die Klimatologie durchwegs versagt: nämlich bei der Bestimmung der für jeden Standort massgebenden Gesamtökologie. Damit wird die Phänologie, die bislang eine verschupfte Magd der Klimatologie war, ein vollwertiges Mittel der ökologischen Vegetationsforschung.

Sie ist von dieser schon viel benutzt worden. Einzelne Merkmale, die zur Abgrenzung von Lebensformen benutzt worden sind, wie Laubfall und Assimilationszeit, sind phänologischer Natur. Eine wesentliche Frage ist die, ob die Lebensdauer als solche, also das Haupteinteilungsmerkmal von Krause und Warming, auch als solches Merkmal zu brauchen ist. Zweifellos gilt das für die Scheidung von Winter- und Sommerannuellen und von „dizyklischen Stauden" (Gruppe E von Massart, Bienne von Warming). Dagegen gilt das wohl kaum von der Trennung der „pleiozyklischen Pflanzen" im engern Sinn, wie *Agave* und *Corypha*, von den Pollakanthen. Diese ist nur physiologisch, aber wohl nicht ökologisch berechtigt. Dasselbe habe ich für die Abtrennung der Therophyten von den Geophyten nachzuweisen versucht (Seite 351—54). Damit wird die morphologisch und physiologisch natürlich sehr berechtigte Scheidung zwischen Hapaxanthen und Pollakanthen in der ökologischen Systematik hinfällig. Vollends bei den Thallophyten und Tieren würde eine Einteilung nach der Lebensdauer zu einer sehr unnatürlichen Gruppierung führen.

Bei den Blütenpflanzen unterschied bereits Theophrast (vgl. Seite 314) als massgebende Phasen das Austreiben (gleichgültig ob aus Samen oder Knospen), die Blütezeit und die Samenreife. Je grösser in einem Gebiet die jahreszeitlichen Unterschiede sind, um so mehr sind von jeher die entsprechenden Aspekte aufgefallen. Dass die Unterscheidung von Frühling, Sommer, Herbst und Winter so wenig wie die der astronomischen Monate genügt, haben alle die empfunden, die sich mit Phaenologie befasst haben. Die „phaenologischen Jahreszeiten" sind für jedes Klimagebiet aus dessen

Aspekten gesondert zu ermitteln. Sie liefern zusammen als bester Ausdruck der physikalischen Standortsfaktoren das deutlichste Bild für den Klimacharakter einer Gegend. (Vgl. die „Klimagruppen" von Drude 1913.)

Für Mitteldeutschland unterscheidet Ihne: Vorfrühling, Erstfrühling, Vollfrühling, Frühsommer, Hochsommer, Frühherbst, Herbst und Winter; Drude (1896): Vorwinter, Winter, Vorfrühling, Halbfrühling, Vollfrühling, Frühsommer, Hochsommer, Herbst. Ganz besonders scharf lassen sich die Aspekte in den Gebieten mit ausgesprochener Ruhezeit abgrenzen, ob diese nun durch Trockenheit oder Kälte oder beides zusammen bewirkt wird.

Sehr anschaulich schildert Kerner (1863) die Aspekte der ungarischen Puszta, die völlig mit denen der „Vâques" (= Felsenheiden Christs) des Wallis übereinstimmen (vgl. Kap. V). Auch die Aspekte der amerikanischen Prairien und Plains haben längst die Aufmerksamkeit der Vegetationsforscher erregt (Pound und Clements, Harshberger, Shantz, Harvey, Ramaley u. a.). Für Lincoln unterscheiden beispielsweise Pound und Clements eine praevernale Periode vom Erwachen der Vegetation bis zur Beblätterung der Laubbäume, eine vernale bis zum Beginn der frühsommerlichen Dürre, eine aestivale vom Aufhören dieser Trockenzeit bis zum Herannahen der heissen Winde im Spätsommer, eine serotinale bis zum Beginn der Fröste, womit die eigentliche Winterruhe (period of rest) einsetzt. Harvey (1908) unterscheidet ähnlich für die Prairien von Süd-Dakota einen praevernalen Aspekt vom 1.—25. April, einen vernalen vom 3.—31. Mai, einen aestivalen vom 1. Mai bis 7. Juli, einen serotinalen vom 7. Juli bis 7. August, einen autumnalen vom 7. August bis 21. September und einen postfloralen Aspekt.

Über die Aspekte in den Alpen vgl. besonders Heer, Kerner und Schröter, über die des Nordens Hult und Kihlman. Besonders auffallend sind die der subalpinen Fettwiesen (Trisetumwiesen der Alpen). Die Narcissenwiesen von Avant hat Rambert (1888) geschildert, die Trisetumwiesen des Oberengadins Rübel 1911. In den Trisetumwiesen wie in den Trockenwiesen kommt den Kryptophyten eine hervorstechende Bedeutung zu (vgl. Kap. VI).

Auch die aquatischen Lebensgemeinschaften zeigen mehr oder weniger deutlichen Aspektwechsel, wie besonders jeder Planktologe weiss. Die Periodizität im Auftreten der Süsswasseralgen haben z. B. Comère (1906), F. E. Fritsch und Rich (1909) und Rabanus (1915) verfolgt. Comère unterscheidet eine erste und zweite „période vernale", vom Aufhören der Fröste bis zum Beginn der Sommer-

hitze, eine „période estivale", die für die meisten Algen eine Ruhezeit ist, eine durch Wiedererwachen der Algenvegetation ausgezeichnete „période automnale" bis zu den ersten Frösten und eine „période hyémale".

Allgemein ist man bei der Abgrenzung der Aspekte zu wenig induktiv verfahren, indem man sich entweder auf die blosse Physiognomie stützte oder die einzelnen Aspekte nach Monatsgrenzen oder bestimmten Grenzen der Mitteltemperatur oder der Temperaturminima auseinanderhielt. Quételet, Heer und Schwendener, Drude (1881), Hoffmann und Ihne (1883) haben besondere Instruktionen erlassen, d. h. Verzeichnisse von solchen Phasen des Pflanzen- und Tierlebens, die nach der Ansicht dieser Forscher für die Abgrenzung der phänologischen Jahreszeiten besonders wichtig und zudem leicht zu beobachten sind. Diejenigen Heers und Schwendeners unterscheiden sich dadurch von den andern, dass sie dem Ausapern und Einschneien besondern Wert beimessen. Das kommt daher, dass im Gebirge, oberhalb einer bestimmten Höhengrenze (obere Grenze der collinen Stufe!) eine eigentliche „Schneezeit" innerhalb der Ruheperiode Spätherbst—Vorfrühling auftritt, die vielleicht, wenn einmal die Ökologie der Kryoplanktons und besonders der „Chionochoren" (vgl. Seite 356) besser bekannt sein wird, in mehrere Abschnitte zerlegt werden wird.

Es ist für jedes Gebiet durch sorgfältigste, womöglich über mehrere Jahre ausgedehnte Verfolgung der periodischen Erscheinungen möglichst vieler Arten zunächst festzustellen, welche Aspekte überhaupt vorhanden sind und wie lang diese dauern. Man wird in der Regel finden (eine Ausnahme bilden tiefe Höhlen und Gewässer mit ganz konstanter Temperatur, vielleicht auch die „isomegathermen" Gebiete Drudes), dass zu gewissen Zeiten eine besonders grosse Zahl von Pflanzen und Tieren (nach Arten wie nach Individuen) ihre Hauptentwicklung durchmachen, und dass die gleichzeitig sich entwickelnden und blühenden Pflanzen häufig derselben Lebensform angehören. Dann erst kann man wirklich zweckdienliche „Instruktionen" aufstellen, durch deren Beobachtung während möglichst vieler Jahre die genauen Mitteldaten für die einzelnen Aspekte an den Beobachtungsorten zu ermitteln sind.

Gewisse Anhaltspunkte zur Beurteilung der an einem Ort zu erwartenden Aspekte bieten die Hydrothermfiguren Raunkiaers (1907). Doch sind sie mit Vorsicht zu benutzen, da die in ihnen kombinierten Kurven nur den Gang der mittleren Schattentemperaturen, nicht aber den wirklichen Temperaturgang der Wurzelorte,

und nur die Monatssummen der Niederschläge, nicht aber die entscheidenden Verdunstungsgrössen wiedergeben. Noch ein besseres Bild als eine Verdunstungskurve würden vielleicht solche geben, die das Verhältnis zwischen Niederschlägen und Verdunstung (Transeau) oder das noch weniger leicht zu ermittelnde zwischen Bodenfeuchtigkeit und Verdunstung (Shreve) darstellen.

Vorbildlich für phäno-ökologische Untersuchungen sind verschiedene Planktonmonographien wie die kürzlich erschienene des Davosersees von Suchlandt (1917). Auch die Monographie der Pinebarrens von Harshberger (1916) verdient hier genannt zu werden, in der für sämtliche Gefässpflanzen des Untersuchungsgebiets die Blütezeit, für viele auch die Fruchtzeit graphisch veranschaulicht wird. Noch wichtiger als die Blütezeit ist aber die Assimilationszeit, die Massart (1908) wenigstens für eine Anzahl Pflanzen graphisch dargestellt hat. Es genügt aber auch nicht, solche Untersuchungen auf einzelne Arten eines Gebietes zu beschränken, sondern es müssen möglichst viele untersucht werden, wenn man zu einem guten Ausdruck für das Klima gelangen will. Dass auch solche Phasen wie Ausapern und Einschneien zu berücksichtigen sind, versteht sich von selbst.

Bei meinen eigenen Untersuchungen im Wallis ging ich so vor, dass ich bei sämtlichen Bestandesaufnahmen nicht nur die Abundanz nach der Schätzungsmethode bestimmte, sondern auch angab, in welcher Phase sich jede Art befand. Hiezu benutzte ich folgende, natürlich beliebig zu variierende Signaturen:

a = in voller Blüte
b = im Verblühen
c = in Fruchtreife (bei Archegoniaten = Sporenreife)
d = dürr (in Ruhe)
e = im Austreiben (Keimen oder Ausschlagen)
f = belaubt, aber ohne Knospen, Blüten und Früchte
g = mit Blütenknospen
h = Herbstfärbung

Diese Signaturen können nach Bedarf zusammengesetzt und vermehrt werden (vgl. die Beispiele im Kap. V).

In erster Linie brauchte ich sie zur Untersuchung wurzelnder Gesellschaften. Bei den Adnaten sind die periodischen Erscheinungen viel weniger augenfällig. Das Autephaptomenon hat wesentlich andere Aspekte als das Rhizumenon. Beispielsweise fällt die Sporenreife der meisten adnaten Moose in den Winter (vgl. Arnell 1875 und Grimme 1903). Der Sommer stellt für sie auch in keineswegs ariden Gebieten

eine eigentliche Trockenzeit dar. Bei den Nereïden und Amphinereïden zeigen sich, je nach den Standortsbedingungen verschieden stark, deutlicher unterscheidbare Aspekte, die besonders von der Temperatur und dem Sauerstoffgehalt des Wassers abhängen. Noch stärker gilt das von der aquatilen Lebewelt, besonders dem Plankton, wo die Mehzahl der Arten ausgesprochene Ruheperioden durchmachen. Während einzelne perennieren, treten andere oft nur wenige Wochen oder selbst Tage auf, dann aber, besonders in kleinen Gewässern, oft in grosser Menge.

Aus meinen allerdings nur zwei Jahre dauernden Beobachtungen im Wallis komme ich mit einem hohen Grad von Wahrscheinlichkeit zu dem Ergebnis, dass die Verteilung der Aspekte die natürlichen Höhenstufen bedingt.[1]) Unter Benutzung der von Ihne zur Charakteristik der Aspekte empfohlenen Phasen ergab sich, dass die Höhengrenze zwischen colliner und montaner Stufe diejenige ist, unterhalb der es keine regelmässig andauernde Schneezeit gibt. Die Grenze zwischen montaner und subalpiner Stufe ist im wesentlichen die, bis zu der der „Hochsommer" ansteigt, diejenige zwischen subalpiner und alpiner Stufe entspricht der, wo der „Frühsommer" halt macht. Man kommt so zu dem anfänglich überraschenden Ergebnis, dass in der alpinen Stufe Frühling und Herbst sich berühren, dass es also gar keinen „Alpensommer" gibt. In der subnivalen Stufe und in den Schneetälchen folgt auf den Vorfrühling gleich der Spätherbst und in der Nivalstufe währt die Schneezeit das ganze Jahr. Zwischen Vollfrühling und Sommer schiebt sich an den untersten Hängen des Wallis, wie in Ungarn und den amerikanischen Prairiengebieten, eine von Anfang Mai bis Ende Juni währende Trockenperiode, die der Walliser „le tsau-teim", die heisse Zeit, nennt.

Schon Thurmann und Sendtner forderten, dass zur Begrenzung der Höhenstufen nicht bloss einzelne Arten, oder gar Kulturpflanzen, sondern die ganze Flora benutzt werden muss, und Braun (1915 p. 193) wählt die Verbreitung der gesamten Pflanzengesellschaften als Grundlage. Meinen eigenen Standpunkt kann ich so formulieren, dass die zur Begrenzung der Höhenstufen benutzten Arten und Gesellschaften solche sein müssen, die für die massgebenden Aspekte charakteristisch sind, d. h. deren ökologisches Minimum das Vorhandensein eines bestimmten Aspektes voraussetzt.

---

[1]) Dieser Gedanke ist nicht neu: wie ich nachträglich ersehe, hat Konrad Gessner schon in der ersten Hälfte des 16. Jahrhunderts versucht, die Höhenstufen der Alpen durch Aspekte zu charakterisieren!

Die Arten von Ihnes Instruktion sind zumeist recht glücklich gewählt, es wird jedoch allzusehr nur auf die Frühlingsphänomene abgestellt, während für die ökologische Vegetationsforschung alle Aspekte gleich wichtig sind.

Phänologische Beobachtungen, die über ein ganzes Gebiet ausgedehnt werden, sind auch bei nur wenigjähriger Beobachtungsdauer, aber unter Berücksichtigung möglichst vieler Arten, wesentlich wertvoller als noch so langjährige Beobachtungen, die nur einzelne Phasen, z. B. den Frühlingseinzug, an beschränkten Stationen betreffen. Solche Beobachtungen an entfernten Stationen, die nach Höhenlage und Exposition nicht direkt vergleichbar sind, geben nur sehr mangelhafte Resultate, eine Erfahrung, die beispielsweise Schwendener machen musste. Er schreibt über das Resultat von an 32 Schweizer Stationen ausgeführten Beobachtungen: „Bei der Übernahme der Arbeit träumte ich selbst von symmetrisch verlaufenden Kurven, die ich bei der graphischen Darstellung der wichtigsten periodischen Erscheinungen erhalten würde; ich träumte von einem System von Linien, die, eingerahmt auf beiden Seiten von der Kurve der Schneeschmelze und des Einschneiens, durch ihre Neigungen und Distanzverhältnisse das zeitliche Verhalten der vegetativen Erscheinungen unter sich und zur absoluten Höhe recht anschaulich gemacht und in leicht verständlichem Bilde dargestellt hätten, wie das vegetative Leben, unten mit breiter Basis beginnend, nach oben in immer kleinerem Raume seinen Zyklus vollendet. So würde auch ohne Zweifel die graphische Darstellung ausgefallen sein, hätte man die erwähnten Linien nach Mittelwerten, statt nach einzelnen Beobachtungen, konstruieren können. Unter den gegebenen Umständen aber mussten sich die geträumten Kurven umwandeln in sonderbar verlaufende Zickzacklinien, die nur in ihrem Totalverlauf, nicht aber in den einzelnen Biegungen, bestimmten Gesetzen zu folgen scheinen." Dieser Misserfolg scheint mir weniger auf der kurzen Beobachtungszeit zu beruhen, als darauf, dass Schwendener zur Konstruktion seiner Kurven die Resultate von Stationen mit ganz verschiedenem Klimacharakter und daher ganz verschiedenen Höhenstufen (besonders Aarau, Zürich, Glarus, Mettmenstetten, Menzingen, Matt, Disentis und Bevers) benutzte und diese Stationen nach ihrer absoluten, statt ihrer relativen Höhe, zu den Höhenstufen anordnete.

Beobachtungen zahlreicher am gleichen Hang liegender Orte geben auch bei kurzer Beobachtungszeit wesentlich bessere (freilich meist asymmetrische) Kurven. Besonders wertvoll sind die von Kerner bei Innsbruck über das Wandern der Schneelinie während

16 Jahren angestellten Beobachtungen (wiedergegeben bei Schröter 1908, Tab. IV). In ähnlicher Weise sollten auch die andern Aspektgrenzen innerhalb kleinerer Gebiete bestimmt werden, worauf ich besonders in ihrem Untersuchungsgebiet dauernd stationierte Beobachter aufmerksam machen möchte. Wenn diese zugleich eine meteorologische Station leiten, ist das eine wertvolle Ergänzung. Es ist dies aber nicht erforderlich, da die meteorologischen Daten wesentlich andere Faktoren zur Darstellung bringen als die phänologischen Erscheinungen.

Ob es wünschbar ist, die verschiedenen möglichen Aspektfolgen zu benennen und zu klassifizieren, wie es Drude (1913 p. 154—160) mit seinen 18 Klimagruppen versucht hat, scheint mir fraglich. Will man den Tatsachen gerecht werden, welches Ziel Drude in hohem Mass erreicht hat, so kommt man zu so langen Namen, dass sie sich kaum für den praktischen Gebrauch eignen. Ich verzichte daher auf solche Benennungen und begnüge mich mit graphischen Darstellungen des Aspektverlaufs. Wie solche erreicht werden können, behandelt das V. Kapitel.

Raunkiaer (1908 und 10) hat versucht, „Pflanzenklimate" dadurch zu charakterisieren, dass er das prozentuale Verhalten der Lebensformen sämtlicher Gefässpflanzenspezies der betreffenden Gebiete ermittelt. Obwohl die Resultate zunächst bestechend wirken, erheben sich doch gewichtige Einwände gegen eine derartige Bestimmung der Grenzlinien oder Biochoren (das Wort stammt von Köppen). Einmal sind nicht die von Raunkiaer gewählten und auch von mir dem Lebensformensystem zugrunde gelegten Merkmale die hiefür wichtigsten, sondern die phänologischen. Daher kann man wohl von einem „Therophytenklima" oder von einem „Fallaubklima" sprechen, nicht aber von einem „Helophytenklima" oder einem „Nereïdenklima".

Ferner benutzt Raunkiaer, wie schon früher Heer und Drude, nur die auf die Lebensformenklassen entfallenden Artenzahlen, wodurch das Bild gefälscht wird (vgl. Seite 325). Ebenso wird jede Art nur einer einzigen Klasse zugeteilt, während ihr häufig mehrere zukommen (Seite 334—35, vgl. auch Vahl 1911 b).

Immerhin verlaufen die Biochoren Raunkiaers mit auf andere Art gefundenen Grenzlinien weitgehend parallel, z. B. mit der polaren und der alpinen Baumgrenze. So entspricht die von Raunkiaer für das Puschlav (nach Brockmann 1907) berechnete 10 % Chamaephyten-Biochore der Höhenlinie, bei der die Lärchen, Alpenrosen und Kleinsträucher zu herrschen beginnen, die 20 % Chamaephyten-Biochore

liegt beträchtlich über der Baumgrenze, wie sie auch in der Arktis nördlich der Baumgrenze, aber dieser ziemlich parallel verläuft. Die 30 % Chamaephyten-Biochore fällt im Puschlav ziemlich genau mit der Schneegrenze zusammen.

Nur sind die Biochoren Raunkiaers, als ein Produkt von Stubenarbeit, wesentlich ungenauer als die durch direkte Beobachtung erhaltenen Grenzlinien, da sie sich ja nur auf die Artenliste grösserer Gebiete, nicht aber die der an den wirklichen Grenzen vorhandenen Pflanzengesellschaften stützen. Zudem ist die Auswahl der Prozentzahlen rein willkürlich, während die Höhenstufen auf induktivem Weg bestimmt werden können. Ich glaube also, dass sich für Gebiete, die so weit erfortscht sind, dass man überhaupt an die Aufstellung „biologischer Spektra" gehen kann, eine derartige Berechnung der Biochoren nicht lohnt.

Die besten Biochoren werden nicht aus den Arealgrenzen einzelner Lebensformenklassen erhalten, sondern aus den Arealgrenzen der Aspekte. Diese müssen auf rein induktivem Weg ermittelt werden. Periodisch vom Menschen beeinflusste Pflanzengesellschaften, wie Mähwiesen und Äcker, sind dabei auszusondern, da sie eine abweichende Aspektfolge zeigen (vgl. das 1. Beispiel im Kapitel V). Das „Phanerophytenklima" Raunkiaers ist nichts anderes als die beiden ersten Klimagruppen Drudes (Iso-Megatherme und Iso-Mesotherme Hygrophyten). Das „Chamaephytenklima" der Alpen und der Arktis ist dasjenige mit Kälteruhe und ohne Sommeraspekte (Helio-Klimagruppen Drudes). Das „Therophytenklima" ist dasjenige, das eine oder mehrere ausgesprochene Trockenzeiten aufweist, was sich eben in der Häufigkeit der Xerogeophyten (nicht aber der Eugeophyten!) äussert. In den Klimaten mit Kälteruhe, ohne ausgeprägte Trockenzeit und mit Sommeraspekt dominieren die Hemikryptophyten. Es können also sämtliche Klimagruppen Raunkiaers mindestens ebensogut wie durch die Lebensformen allein, durch die Aspektfolge charakterisiert werden, und zwar ermöglicht diese eine schärfere Umgrenzung und feinere Differenzierung. Man wird bei der Charakterisierung eines Gebietes daher immer gut tun, zuerst die Aspekte anzugeben und dann erst die Lebensformen. Erst wenn zwei Gebiete oder zwei Standorte sowohl in ihren Aspekten als auch in ihren Lebensformen übereinstimmen, kann man auf übereinstimmende ökologische Bedingungen schliessen, mag die Artenliste noch so verschieden sein.

IV. Zur quantitativen Siedlungsanalyse.

Einen gegebenen einheitlichen Ausschnitt aus der Vegetation, unbekümmert um seine Bewertung, bezeichne ich nach dem Vorschlag von Kupffer (1909) als Siedlung. Das Wort ist gleichbedeutend mit dem „Bestand" vieler, nicht aller Autoren, mit dem „Ortsbestand" von Drude, dem „Einzelbestand" von Schröter. Siedlung (französisch peuplement) scheint mir deshalb vorzuziehen, weil man bei „Bestand" unwillkürlich an eine Vergesellschaftung mit einer dominierenden Art denkt, und weil dieses Wort auch schon in anderem Sinne gebraucht wurde (vgl. Kap. VII 2).

Dass bei einem eingehenden Vegetationsstudium eine möglichst eingehende qualitative Analyse erforderlich ist, d. h. die Feststellung der eine Siedlung zusammensetzenden „Elementarbestände" (Drude) und der möglichst vollständigen Artenliste, braucht kaum hervorgehoben zu werden.

Die Frage, ob eine quantitative Siedlungsanalyse wünschbar oder notwendig ist, wird auch heute noch von manchen „Pflanzengeographen", besonders im romanischen Sprachgebiet, nicht einmal gestellt oder dann verneint. Die Wünschbarkeit und Notwendigkeit der quantitativen Siedlungsanalyse ergibt sich aus folgenden Erwägungen:

a) Aus praktischen Gründen erheischt die Forstwirtschaft die quantitative Untersuchung von Wäldern, der Futterbau die von Mähwiesen, die Fischerei die Bestimmung des Fischgehalts und Planktongehalts von Gewässern, die Hygiene Keimzählungen des Wassers und der Luft.

b) Es ist wünschbar, ein genaues Bild von der wirklichen Zusammensetzung der Vegetation zu erhalten, nicht nur von deren Physiognomie, die durch Photographien, Zeichnungen oder Gemälde besser wiedergegeben wird. Insbesondere ist dies nötig zur Vergleichung von Siedlungen verschiedener Gebiete.

c) Will man Pflanzen- und Tiergesellschaften klassifizieren, so kann man nicht die von vielen Zufälligkeiten abhängigen Siedlungen der Natur gebrauchen, sondern muss durch Vergleichung möglichst vieler im wesentlichen übereinstimmender Siedlungen zu abstrakten Einheiten zu gelangen suchen. Mit wissenschaftGenauigkeit ist eine solche Vergleichung nur nach quantitativer Analyse möglich. Es muss die Analyse der Synthese vorausgehen.

d) Soll die Veränderung von Siedlungen im Lauf der Zeit mit zuverlässiger Genauigkeit ermittelt werden, aus wirtschaftlichen oder wissenschaftlichen Gründen, so ist gleichfalls die quantitative Analyse unerlässlich.

Je nach den Lebensformentypen, aus denen eine Siedlung vornehmlich besteht, sind die quantitativen Methoden wesentlich verschieden. Wir beginnen mit der Analyse der radicanten Siedlungen, die bisher am weitesten ausgebaut ist.

1. Analyse des Rhizumenons.

a) Praktischen Zwecken dient die Gewichtsanalyse, wie sie insbesondere von Stebler und Schröter, dann auch in Rothamsted in England angewandt worden ist. Für die Zwecke des Futterbaus ist diese sehr zeitraubende Methode gewiss vorzüglich, da hier nur das Massenverhältnis der Arten zur Zeit der Heumahd in Betracht kommt. Für die wissenschaftliche Vegetationsforschung ist sie aber kaum anwendbar, da sie bei Holzpflanzen versagt, zu viel Zeit und Hilfskräfte braucht und zudem gar nicht das wirkliche Verhältnis aller Arten angibt, sondern nur das Massenverhältnis während eines einzelnen Aspekts. „Da die Kulmination für jede Art verschieden ist, so wären, wenn nicht so viele Untersuchungen als Arten, so doch eine lange Reihe solcher über die ganze Vegetationszeit nötig; und da die Zusammensetzung der Vegetation nicht überall in derselben Formation dieselbe ist, müsste die Untersuchung eine Reihe mehr oder weniger auseinanderliegender Proben umfassen" (Raunkiaer 1909).

Zu forstwirtschaftlichen Zwecken benutzte Methoden (Cajander, Lagerberg) werden unter c behandelt.

b) Um ein möglichst genaues Bild von der Zusammensetzung einer Siedlung zu erhalten, ist die gegebene Methode die Kartierung. Bezüglich der Kartierung grösserer physiographischer Einheiten verweise ich auf die vortreffliche Zusammenstellung von Schröter (1909 und 1910), sowie auf die Arbeiten von L. Blanc (1905), Drude (1906), Engler (1908), Wangerin (1915) und Rübel (1916). Bei der Kartierung von Siedlungen in grossem Masstab ist es, wenn man lediglich ein Bild derselben geben will, gar nicht nötig, dass die untersuchten Flächen geometrisch umgrenzt werden durch ein Quadrat oder einen Kreis (vgl. das „Chart quadrat" von Clements und die ähnlichen Darstellungen bei Shantz, Harshberger und Lagerberg). Wichtiger ist die geschickte Auswahl charakteristischer Siedlungen. Unregelmässig begrenzte Darstellungen, wie die von Ca-

jander, L. v. Post und Sernander kartierten Moorsiedlungen, sind wertvoller als ungeschickt gewählte „Kartenquadrate"; nur ist der Masstab der Darstellungen anzugeben. Eine geometrische Umgrenzung von Probeflächen wird erst erforderlich, wenn Zählungen vorgenommen werden sollen. Solche Untersuchungen liegen bereits in grösserer Zahl vor (vgl. darüber Schröter 1910 und Clements 1905 und 1916 p. 425).

Dass die Zählmethode zur Erlangung vergleichbarer Werte in vielen Fällen nicht genügt, hat besonders eindringlich Raunkiaer (1909) dargelegt. Zählt man die Individuen, so stösst man auf die Schwierigkeit, dass man bei ausläufertreibenden Arten oft nicht sagen kann, was zu einem Individuum gehört. Oft hat man innerhalb der Probeflächen Bruchteile von Individuen, deren Grösse nicht genau zu bestimmen ist. Auch gibt die Individuenzahl kein Bild vom Massenverhältnis. Die Zählung der Sprosse ist nicht besser, da die Sprosse von ganz ungleicher Grösse sind und man zudem, wie bei der Wägemethode, die Aufnahmen bei jedem neuen Aspekt wiederholen müsste.

Die Zählmethode kann gerade dann von Vorteil sein, wenn man ein anschauliches Bild von einzelnen Aspekten geben will. Hiefür kann selbt die Zählung von Blüten einzelner Arten von Wert sein (vgl. z. B. Stäger 1913). So zählte ich im Vorfrühlingsaspekt eines stark beweideten Kastanienhains bei Dorénaz in Messquadraten von 0,5 m^2 70—73 Blütenstände von *Scilla bifolia* und pro m^2 ca. 700 einzelne Blüten dieser Art, und auf einer Ziegenweide bei Mazembroz in einem Quadrat von 0,5 m^2 80 Infloreszenzen von *Gagea saxatilis* mit 124 Blüten.

Bezüglich der Benutzung grösserer Probeflächen zur statistisch-floristischen Vergleichung verweise ich auf die Arbeiten von P. Jaccard; sie dient mehr der Florenforschung als der Vegetationsforschung. Das gilt auch von den von Briquet (1893) besprochenen Verfahren.

In manchen Fällen kann man keine quadratischen Flächen, sonnur schmale Rechtecke brauchen, z. B. bei der Kartierung der Felsspaltenvegetation (Chasmophyten Schimpers). Solche Probestreifen bezeichnet Clements (1905 p. 176, 1907 p. 210, 1916 p. 430) als „belt-transect". Wird die Breite dieser Streifen gleich Null, kommt man zum Profil oder „line-transect", wie solche ganz allgemein bei Mooruntersuchungen (seit Steenstrup 1842, vgl. Früh und Schröter 1904 und die Arbeiten von C. A. Weber und L. v. Post) und bei Untersuchungen der Verlandungsvorgänge (z. B. Kirchner

und Schröter 1902, Baumann 1911, Tansley und Pallis 1911, Siegrist 1913) gegeben worden sind. Solche Transsekte können aber auch, wie Clements gezeigt hat, zur Darstellung einheitlicher Siedlungen dienen. Sie können entweder wirkliche Profile darstellen oder mehr schematisch gehalten sein. Während die Schüler Schröters sich meist mit einer Darstellung der oberirdischen Pflanzenteile begnügt haben, dehnt Clements seine Profile auch auf die im Boden befindlichen aus und spricht dann von einem „bisect" (1916 p. 432). Als Musterbeispiele solcher Bisekte können die Darstellungen von Woodhead (1906 p. 344) für eine englische Laubwiese, die von Shantz (1911) für die „Great Plains" und besonders diejenigen von Harshberger (1916) für die „Pine-barrens" von New-Jersey dienen. Als Ergänzung der Bisekte geben Shantz und Harshberger auch Quadratkarten. Beide Verfahren seien für monographische Untersuchungen einzelner Pflanzengesellschaften angelegentlichst empfohlen.

c) Will man durch die Siedlungsanalyse zu vergleichbaren Verhältniszahlen gelangen, sei es zur Vergleichung zu praktischen oder wissenschaftlichen Zwecken oder zur Erlangung abstrakter Einheiten, so ist man auf Schätzungen, Zählungen oder kombinierte Methoden angewiesen. Am ältesten sind wohl die Schätzungsmethoden. Die jetzt von den Schweizer und einigen finnischen Forschern (z. B. Norrlin und Cajander) allgemein gebrauchte zehnteilige Skala wurde ursprünglich nicht zur Siedlungsanalyse benutzt. Heer[1]) verwandte sie in seinem Florenkatalog des Sernftals (1835), indem er für jede Art oder Varietät zwei Ziffern gab: „Mit der ersten Zahl nämlich suchte ich auszudrücken, ob eine Form in vielen oder wenigen Individuen sich eingestellt habe. So zeigt z. B. 1, dass diese Art eine unbedeutende Rolle hinsichtlich ihrer Individuenzahl spiele, 10 dagegen, dass sie ein hervorstechendes Moment in der Pflanzendecke bilde. Die zweite Zahl gibt an, ob die Art vereinzelt dastehe oder aber gruppenweise die Erde bekleide. Mit 1 : 10 will ich daher gesagt wissen, dass eine Pflanze sehr selten sei, wo sie aber vorkomme, in Masse die Erde bekleide; mit 10 : 1 aber, dass sie überall sich finde (natürlich nur auf der vorn angebenen Localität[2]), aber nur ganz vereinzelt ins Kleid der Erde eingewoben sei." Diese Bezeichnungsweise übernahm Thurmann (1849, vgl. auch Lecoq 1844). Er umschreibt die Ziffern der beiden Kategorien folgendermassen:

[1]) Über die ältere Methode von D'Urville (1825), der wohl als erster Frequenz und Abundanz unterschied und zahlenmässig zu bestimmen versuchte, sowie einige andere Verfahren vgl. Briquet 1893.

[2]) = Standort, der in der vorhergehenden Kolonne angegeben wird.

Extension ou aire de la dispersion	Quantité de la dispersion
10 excessivement répandu	10 excessivement abondant ou social
9 très-répandu	9 très-abondant
8 répandu	8 abondant
7 assez répandu	7 assez abondant
6 disséminé	6 peu abondant
5 très-disséminé	5 point abondant
4 assez rare	4 assez distant
3 rare	3 distant
2 très-rare	2 très-distant
1 excessivement rare	1 comme isolé

Diese Ziffern waren also ursprünglich nur zahlenmässige Ausdrücke für in den meisten Floren schon übliche, jetzt nur schärfer umschriebene Bezeichnungen. Die Unterscheidung zwischen einzellebenden und geselligen (sociales) Pflanzen findet sich bereits bei Humboldt und Willdenow. Man beachte, dass Heer und Thurmann stets Verbreitung[1]) und Menge auseinanderhalten, welche sehr verschiedenen Grössen vor und nach ihnen bis heute vielfach verwechselt und vermengt worden sind. Beide Forscher scheinen aber noch keine Siedlungsaufnahmen gemacht zu haben; sondern sie suchten nur die Verbreitung und Häufigkeit innerhalb grösserer Gebiete, besonders der Höhenstufen, anzugeben.

Sendtner (1854) gibt bereits Artenlisten einzelner Siedlungen (= Bestandesaufnahmen; besonders beachtenswert sind die von Quellen, die auch Moose und Algen enthalten nebst Angabe der Wassertemperatur), er benutzt aber für diese keine Zahlen, sondern gibt solche auch nur im Florenkatalog mit Bezug auf den ganzen „Verbreitungdistrikt". Auch er unterscheidet scharf die Bezeichnungen für die:

Dichtigkeitsscala der Verbreitungsweise	Dichtigkeit des Vorkommens
β^5 gemein	$\times^5$ in Unzahl
β^4 verbreitet	$\times^4$ in Menge
β^3 zerstreut	$\times^3$ in Gesellschaft
β^2 selten	$\times^2$ in Spärlichkeit
β isoliert	$\times$ in Einzelheit

Ähnliche Bezeichnungen brauchte auch Weiss (1887).

Den nunmehr naheliegenden Schritt, eine derartige Bezeichnung auch für die Siedlungsanalysen (Bestandesaufnahmen, schwedisch ståndortsanteckningar) zu verwenden, tat meines Wissens zuerst der Schwede Hult (1881). Er verwandte bei seinen klassischen, 1877 im nördlichen Österbotten und der westlichen Kemi-Lappmark mit Hjelt zusammen

[1]) Jetzt meist als „Konstanz" bezeichnet, vgl. Anmerkungen Seite 374 und 375.

ausgeführten Untersuchungen die folgende Skala, der ich die noch heute in Schweden üblichen Abkürzungen beifüge:

rr — r = *enstaka* (e), 1—2 = *spridda* (*tunnsådd*, t), 3—4 = *strödda* (s), 5—7 = *rikliga* (r), 8—10 = *ymniga — täckande* (y)[1])

Indem sich an Stelle der ursprünglich vorgeschlagenen zwölf Ziffern die fünf Buchstabenbezeichnungen einbürgerten, entstand somit eine fünfteilige Skala. Die zehnteilige wurde besonders in Finnland üblich (Norrlin, Cajander u. a.).

In Anlehnung an Schouw und Grisebach führte Drude (1888, 1896) die Bezeichnungen *sociales, gregariae, copiosae, sparsae, solitariae (rarae, rarissimae)* mit entsprechenden Abkürzungen ein. Während sich die meisten Ausdrücke auf die Verbreitung beziehen, also auf die relative Zahl der einzelnen Vorkommnisse, gibt *greg.* massenhaftes Vorkommen an den einzelnen Vorkommnissen selbst an und ist daher mit einer der andern Bezeichnungen zu kombinieren. Das tut denn Drude, der wie vor ihm Briquet (1893) scharf zwischen Abundanz und Frequenz unterscheidet, auch, es ist aber von andern vielfach versäumt worden. Eine Ergänzung von Drudes Skala nahm Kupffer (1909) vor, indem er mit *ad.* = *adest* solche Arten bezeichnete, deren Häufigkeit infolge ihres versteckten Wuchses nicht recht zu schätzen ist, wie es besonders bei manchen Moosen der Fall ist; und mit *ab.* = *abiens* solche Arten, die infolge veränderter Standortsbedingungen im Rückgang begriffen sind. Später (1913) brauchte er die fünfteilige Skala Hults, wobei er mit 6 geselliges Vorkommen bezeichnet, z. B. 1×6, 3×6 usw.

Die im Französischen seit Lecoq 1854 und A. de Candolle 1855 zumeist (mehr für grössere Areale als für Siedlungen) gebrauchten Frequenzgrade:

C CC, CC, C, AC, PC, AR, R, RR, RRR

entsprechen im wesentlichen einer unklaren Vermengung der beiden Skalen von Heer und Thurmann, in der in England üblichen (vgl. z. B. Tansley 1911):

d, sd, a, f, o, r, vr

wird geselliges Vorkommen mit *l* (= localy) bezeichnet. Unabhängig von der Norrlinschen Schule, im Anschluss an Lecoq 1844, ist auch in der Zürcher die zehnteilige Skala aufgenommen (vgl. Stebler und Schröter, Brockmann 1907, Rübel 1911, Braun 1913, 15 und 18).

[1]) Diese Skala basiert auf derjenigen von Hults Lehrer J. P. Norrlin, der z. B. 1874 eine dreiteilige Skala (allmindelig, spridda, sällsynta), später auch eine zehnteilige benutzte.

Neuerdings (1918 p. 10—11) unterscheidet Braun-Blanquet ausser dem absoluten und relativen Mengenverhältnis (Abundanz und Dominanz) und der Geselligkeit (Sociabilität)[1]) noch die Gesellschaftstreue und die Stetigkeit. Da diese beiden Begriffe mit der quantitativen Analyse nichts zu tun haben, begnüge ich mich hier mit dem Hinweis auf die Originalarbeit (vgl. auch Braun 1915 und für die Stetigkeit oder Konstanz Brockmann 1907); doch seien die vorgeschlagenen Termini und Ziffern hier angeführt:

I. Gesellschaftstreue. (préférence ou spécialisation)		II. Stetigkeit. (constance)
a) Charakterarten und Präferenten		In einer bestimmten Gesellschaft
gesellschaftstreu (distinctif)	= 5 =	stets (toujours)
gesellschaftsfest (adhérant)	= 4 =	meist (très souvent)
gesellschaftshold (préférant)	= 3 =	öfters (assez souvent)
b) Sekundanten		
gesellschaftsvag (indifférent)	= 2 =	nicht oft, selten (peu souvent, rarement)
c) Zufällige		
gesellschaftsfremd (étranger)	= 1 =	sporadisch, sehr selten (sporadique, très rarement) vorhanden.

III. Mengenverhältnis (quantité).

a) absolut (abondance)		*b) relativ (dominance)*
sehr zahlreich (très abondant)	= 5 =	vorherrschend (prédominant)
zahlreich (abondant)	= 4 =	mitbestimmend (co-dominant)
wenig zahlreich (peu abondant)	= 3 =	zurücktretend (peu apparent, diffus)
spärlich (rare)	= 2 =	untergeordnet (effacé)
sehr spärlich (très rare)	= 1 =	völlig untergeordnet od. verschwindend (totalement effacé ou disparaissant)

IV. Geselligkeit (sociabilité).

herdenweise (peuplement)	= 5
scharenweise (petit peuplement)	= 4
truppweise, grössere Polster (troupe, coussins)	= 3
gruppenweise, Horste (groupe, touffes)	= 2
einzeln (isolé)	= 1

In Amerika wird zur Zeit dem statischen Mengenverhältnis nur geringe Beachtung geschenkt, da die dynamische Betrachtungsweise alles beherrscht.

Alle Schätzungsmethoden liefern infolge ihrer Subjektivität nur wenig vergleichbare Werte, welcher Übelstand um so mehr fühlbar wird, je grösser die untersuchte Fläche ist.

Von den Versuchen zu objektiven, vergleichbaren Zahlen zu gelangen sei zunächst der von Pound und Clements (1898 und 1900

[1]) Die Sociabilität ist für die Einzelsiedlung das, was die Stetigkeit oder Konstanz für den ganzen Verbreitungsdistrikt einer Art ist.

p. 57—63), der sich an die Verfahren von Hoffmann (1879—90), Briquet (1893) und Drude (1896) anlehnt, behandelt. Mit Bezug auf die „Distributio geographica" unterscheiden diese Amerikaner mit Briquet und Drude zwischen Frequenz und Abundanz. Diese bezeichnet die Zahl der Individuen und die Art ihres Auftretens an jedem ihrer Standorte, jene die Zahl der Standorte innerhalb des Areals. Die Frequenz[1]), die sich aus der Zahl der Standorte ergibt, wird durch *frequent, subfrequent, infrequent* bezeichnet. Zu ihrer Ermittlung wird das Gebiet (Nebraska) in Quadrate von 10 km² eingeteilt, wie es Drude ähnlich für Sachsen getan hatte. (Simmons 1910 teilt, ähnlich wie früher Watson, das Gebiet von Kiruna in verschieden grosse, mehr oder wenig natürlich begrenzte Abschnitte und gibt für jede Art nicht nur an, in wie vielen derselben, sondern auch in welchen sie vorkommt.) Wenn S die Zahl der Quadrate eines Gebietes bezeichnet, s die Zahl der Quadrate, in denen eine Art vorkommt, so erhält man daraus nach Briquet (1893) den

$$\text{Frequenzindex } F = \frac{s}{S} \times 100.$$

Zur Bezeichnung der Abundanz dient wie bei Drude: *cop.*[1], *cop.*[2], *cop.*[3], *subcop.*, *greg.*[1], *greg.*[2], *greg.*, *subgreg.*, *sparse, rare.* Durch vergleichsweise Individuenzählungen in Quadraten von 5 m² kommen Pound und Clements zur Angabe, dass *cop.*[1] über 200 Individuen in 5 m², *cop.*[2] 200—150, *cop.*[3] 150—100, *cop.*[4] 100—50, *subcop.* 50—5, *sparse* unter fünf Individuen pro 5 m² entspricht, wogegen *greg.*[1] — *subgreg.* das herdenweise Auftreten bezeichnen. Zur Ermittlung des Abundanzindex wird das Gebiet in Quadrate von 240 ha eingeteilt. Wenn T die Zahl der Quadrate von 240 ha bezeichnet, t die Zahl dieser Quadrate, in der die Art an geeigneten Standorten auftritt, e die mittlere von der Art eingenommene Fläche innerhalb der t Einheiten (durch Schätzung bestimmt), a die mittlere gezählte Individuenzahl innerhalb der Messquadrate von 5 m², so ergibt sich daraus der

$$\text{Abundanzindex } A = \frac{t \times e \times a}{T}$$

Später benutzte Clements (1905 und später) als Zählquadrate (list-quadrats) meist solche von 1 m², Ramaley (1916) zur Abundanzschätzung solche von 16 m².

Die Quadratmethoden von Oliver und Tansley (1904, vgl. über

[1]) Während bei der Frequenzbestimmung alle Pflanzengesellschaften in Betracht zu ziehen sind, in denen eine bestimmte Art vorkommt, beziehen sich die Konstanzbestimmungen (vgl. Brockmann 1907) jeweils nur auf eine bestimmte Pflanzengesellschaft.

diese „gridiron"-Rost-Methode Schröter 1910) und von Pethybridge und Praeger (1905) scheinen nie zu grösserer Bedeutung gelangt zu sein, weshalb dieser Hinweis genügen mag.

Viel wichtiger ist die „Formationsstatistik" von Raunkiaer (1909—14). Er lehnt die Zählung der Individuen und Sprosse aus den Seite 370 angeführten Gründen ab, und die Schätzungsmethoden scheinen ihm zu ungenau. Wie Pound und Clements untersucht er innerhalb der zu untersuchenden Fläche eine Anzahl Quadrate von bestimmter Grösse und gibt an, in wie viel Quadraten jede Art vorkommt. Das besondere Verdienst Raunkiaers besteht darin, dass er nicht wie seine Vorgänger eine unbestimmte Zahl von Quadraten untersucht, sondern genau zu ermitteln versucht, wie viele Quadrate von jeder Grösse untersucht werden müssen, damit sich die erhaltenen Verhältniszahlen („Valenzen") nicht mehr verändern. Bei Einheitsflächen von 10 m^2 mussten im Buchenwald von Jonstrup Vang zehn solche analysiert werden, bei 1 m^2 20, bei 0,1 m^2 50, bei 0,01 m^2 200. Später (1912) benutzte Raunkiaer statt durch Messrahmen hergestellten Quadraten durch einen am Stock befestigten Stift umschriebene Kreise. Je kleiner die Probeflächen sind, desto mehr müssen analysiert werden, aber desto befriedigender werden die Resultate und desto mehr kommt das Verhältnis der dominierenden Arten zum Ausdruck. In der Folgezeit benutzte Raunkiaer, und ebenso Vahl, H. Resvoll-Holmsen und Lagerberg, meist nur Quadrate von $\frac{1}{10}$ m^2, und zwar meist deren 50. Um die Resultate vergleichen zu können, werden die gefundenen Zahlen stets auf 100 Flächeneinheiten bezogen, also bei 50 Quadraten oder Kreisen mit 2, bei deren 25 mit 4 multipliziert.

Mit dieser „Valenzmethode" glaubte Raunkiaer und besonders Lagerberg (1914) zu einem exakten Ausdruck für die „Frequenzgrade" von Hult zu gelangen. Das ist, wie Kylin und Samuelsson (1916) überzeugend nachgewiesen haben und ich aus eigenen Erfahrungen nur bestätigen kann, ein Trugschluss. Das hat übrigens Raunkiaer selbst empfunden, denn 1912 führt er folgendes aus: Wenn man Grund hat zu vermuten, dass durch die Valenzmethode kein richtiges Bild gegeben wird, brauche man die kombinierte Valenz- und Schätzungsmethode, die darin besteht, dass man innerhalb der „Stichproben", mit denen man die Valenz der Arten bestimmt, mit einer bestimmten Skala, z. B. der von Hult, das Massenverhältnis der in der Probe enthaltenen Arten schätzungsweise bestimmt. Innerhalb einer so kleinen Fläche kann das viel genauer erfolgen als innerhalb grosser Siedlungen.

Lagerberg (1914) ging bei Siedlungsaufnahmen zu forstwirtschaftlichen Zwecken ähnlich wie Raunkiaer vor. So ermittelt er mit Hilfe der nicht wie bei Raunkiaer regellos, sondern in bestimmtem Verband angeordneten Quadraten den „Frequenzprozent". Daneben bestimmt er den „Arealprozent" in der Weise, dass er bei jedem Quadrat ermittelt, wie viele Viertel davon von jeder Art bedeckt werden. (Dass diese Methode wie die kombinierte Methode Raunkiaers im wesentlichen auf die Abundanzbestimmung nach Pound und Clements hinausläuft, scheint den skandinavischen Autoren entgangen zu sein.) Wichtig bei Lagerbergs Verfahren ist, dass jede Vegetationsschicht (wie bei Hult) gesondert untersucht wird. Für die Zwergsträucher ermittelt er ausserdem den „Üppigkeitsgrad", der durch die grösste Höhe der Exemplare jedes Quadrats ausgedrückt wird. Die Resultate der Arealprozentbestimmung werden in ähnlicher Weise, wie die Frequenzbestimmungen von Hult, graphisch dargestellt. Ferner versucht Lagerberg die Grösse der durch die Arealschätzung und die Verteilung der Quadrate entstandenen Fehler zu berechnen, freilich, nach Kylin, mit einer ungenügenden Methode.

Ich habe mir zur Prüfung der Raunkiaerschen „Valenzmethode" einen besondern Gliedermasstab konstruiert, der es gestattet, mit Leichtigkeit vier Quadrate von $\frac{1}{100}$ m², zwei solche von $\frac{1}{10}$ oder eins von $\frac{1}{2}$ m² herzustellen. Da die Resultate dieser im Wallis und bei Zürich ausgeführten Versuche im schönsten Einklang mit ähnlichen von Samuelsson und Kylin bei Uppsala angestellten stehen, mag es genügen, wenn ich die wichtigsten Einwände dieser Autoren gegen die Raunkiaersche Methode kurz referiere und mit einem meiner eigenen Beispiele belege.

Die fünf Häufigkeitsgrade von Hult, die den Deckungsgrad angeben sollen, sind zu statistischen Zwecken nicht durch 1, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{8}$, $< \frac{1}{8}$ wiederzugeben, da niedere Abundanzen stets zu tief eingeschätzt werden, sondern am besten durch 10, 5, 2, 1, 0,1. Vergleichsweise Bestimmung der „Frequenz" (es sollte immer heissen Abundanz!) nach Hult und des Arealprozents ergab nur unbedeutende Unterschiede. Die Schätzungsmethode Hults gestattet also eine recht genaue Angabe des Deckungsgrades.

Die Unterschiede in den Methoden von Raunkiaer und Lagerberg beruhen besonders darauf, dass Raunkiaer versucht, eine Pflanzengesellschaft wiederzugeben, während Lagerberg einzig die Vegetation einer Probefläche, unbekümmert um deren Einheitlichkeit, darstellen will. Lagerberg, wie auch Raunkiaer, erkannte, dass die faktische Valenz der Arten durch den „Frequenzprozent" nicht angegeben wird

und kommt daher zum Arealprozent. Dieser entspricht zur Hauptsache dem Deckungsgrad Hults, kann aber durch die Schätzung innerhalb kleiner Quadrate wesentlich genauer als in grossen Flächen ermittelt werden, besonders wenn man hiezu eine längere Skala als eine bloss vierteilige benutzt.

Hults Frequenzgrade entsprechen nicht den „Frequenzprozenten" oder „Arealprozenten" allein, sondern geben ein Mittel aus beiden. Da die „Frequenzprozente" sicherlich keinen zahlmässigen Ausdruck für die „wirkliche Frequenz" (= Abundanz = „Valenz" Raunkiaers) geben, so ist der Name irreführend, und Kylin und Samuelsson ersetzen ihn daher mit vollem Recht durch „Verbreitungszahl", da diese Zahl eine Vorstellung von der Verbreitung einer Art innerhalb der Probefläche gibt.[1]) Es hat keinen Sinn, mit Lagerberg die Verbreitungszahlen auf zwei Dezimalen zu berechnen, da die sich ergebenden Fehler meist mehrere Einheiten betragen. Der mittlere Fehler ist bei der Verbreitungszahl 50 am grössten und nimmt mit ihrer Abnahme wie mit ihrer Zunahme ab, bei der Verbreitungszahl 100 ist er gleich 0. Die von Lagerberg berechneten Mittelfehler beruhen auf falschen Voraussetzungen.

Wie schon Raunkiaer feststellte, ergeben sich je nach der Grösse der benutzten Quadrate verschiedene Verbreitungszahlen. Diese Unterschiede verschwinden, wenn man die 100teilige durch eine zehnteilige Skala ersetzt. Untersucht man nur 25 oder weniger Quadrate, so ist die Anwendung einer 100teiligen Skala überhaupt unstatthaft. Wenn z. B. Raunkiaer 1912 nur 25 Flächen von $\frac{1}{10}$ m² untersucht und die erhaltenen Werte mit 4 multipliziert, so täuscht er dadurch eine grössere Genauigkeit vor, als er tatsächlich erreicht.

Zur Bestimmung des Arealprozents brauchten Kylin und Samuelsson bei ihren Probeversuchen statt einer vierteiligen eine achtteilige Skala und Quadrate von $\frac{1}{10}$ und $\frac{1}{2}$ m². Die Quadratgrösse erwies sich als von unwesentlichem Einfluss auf die Grösse des Mittelfehlers, der sich meist auf $\frac{1}{4} - \frac{1}{10}$ der Arealprozentzahl beläuft. Die niedrigen Arealprozente sind stets zu klein, da manche auch in grosser Zahl auftretende Arten nie $\frac{1}{8}$ der Quadrate decken, und eine Art mindestens 6,25% eines Quadrats decken muss, damit sie bei einer achtteiligen Skala überhaupt eine Arealprozentzahl erhält.

Zur Beurteilung der Physiognomie einer Siedlung ist der Arealprozent viel wichtiger als die Verbreitungszahl. Hat eine Art eine

[1]) Sie entspricht der „Geselligkeit" oder „Sociabilité" von Braun, wogegen der Arealprozent dem „absoluten Mengenverhältnis" dieses Autors entspricht (vgl. Seite 374).

niedrigere Verbreitungszahl als eine zweite, aber einen höhern Deckungsgrad (Arealprozent), so tritt die erste physiognomisch stärker hervor als die zweite und erhält nach Hults Methode eine höhere Zahl. Davon, dass die Verbreitungszahl ein zahlenmässiger Ausdruck für die Grade Hults sei, kann also keine Rede sein. Raunkiaer hat Unrecht, wenn er glaubt, dass man mit seiner Methode alle Pflanzengesellschaften objektiv und rein zahlenmässig charakterisieren könne. Die von Raunkiaer allein benutzten Verbreitungszahlen können wohl objektiv ermittelt werden, sie genügen aber nicht zur Beschreibung einer Siedlung oder zur Charakterisierung einer Pflanzengesellschaft. Den viel wichtigern, aber nicht objektiv zu ermittelnden Arealprozent vernachlässigt Raunkiaer.

Wenn man für dieselbe Fläche die Verbreitungszahlen und Arealprozente zugleich bestimmt, wie es Lagerberg bei einzelnen seiner Untersuchungen tat, erhält man eine genauere und zutreffendere Vorstellung von der Vegetation insgesamt, als sie unter Benutzung einer einzigen Skala (Hult) vermittelt wird. Aber dafür sind diese Bestimmungen auch sehr viel zeitraubender als die von Hult. (So konnte ich beispielsweise mit Hults Methode, mit zehnteiliger Skala und unter Berücksichtigung der Kryptogamen, 20—30 Siedlungsaufnahmen im Tag machen, mit Raunkiaers Methode nur 3—4!)

Um die Bedeutung der Punktzahlen Raunkiaers klarzulegen, berechnete Samuelsson aus den Verbreitungszahlen, aus den Arealprozenten und den Häufigkeitsgraden nach Hult das „biologische Spektrum" einer in einem Laubwald bei Uppsala nach allen drei Methoden untersuchten Probefläche. Es ergab sich folgendes:

Aufnahmedatum	Berechnet nach	Phan.	Hemikr.	Geoph.	Theroph.
9. Mai 1915	Verbreitungszahlen . . .	2	41	57	—
	Arealprozenten.	—	65,5	34,5	—
	Hults Häufigkeitsgraden .	5	55	40	—
2. Juni 1915	Verbreitungszahlen . . .	4	37	58	1
	Arealprozenten.	0,5	19,5	80	—
	Hults Häufigkeitsgraden .	5	29	65	1

Zu diesem Ergebnis bemerkt Samuelsson (pag. 287) mit Recht: „Die Verschiedenheiten sind meines Erachtens so gross, dass der Wert von Berechnungen, die sich auf Verbreitungszahlen (Raunkiaers Punktzahlen) stützen, relativ recht gering ist, und dass unzweifelhaft dem Arealprozent ein bedeutend grösserer Wert für die Darstellung des wirklichen Bestandes einer Versuchsfläche zukommt. Ein Vergleich

mit den nach Hults Frequenzgraden berechneten Zahlen zeigt, dass diese ungefähr in die Mitte zwischen die nach den beiden andern Prinzipien berechneten fallen. In diesem Falle gab also die Hultsche Methode, die auf blosser Schätzung beruht, doch ein Resultat, das einen wesentlich bessern Ausdruck für die wirkliche Valenz der Arten gibt als die „exakte" Frequenzberechnung nach Raunkiaers Methode. Wahrscheinlich ist dieses Resultat mehr als eine Zufälligkeit."

Als weitere Illustration hiezu gebe ich das Resultat einer meiner Aufnahmen. Es handelt sich um das in Kap. V dargestellte Roggenfeld bei Buitonnaz. Am 24. März, 16. Juni und 20. September 1916 wurden verschiedene Aspekte derselben mit der zehnteiligen Skala geschätzt, und am 16. April 1917 bestimmte ich die Punktzahlen nach Raunkiaer vermittelst 20 Quadraten von $\frac{1}{10}$ m². Bei der sehr gleichmässigen Verteilung der Ackerunkräuter dürfte diese geringe Zahl von Quadraten genügen. Es sei noch hervorgehoben, dass das Feld bei der letzten Aufnahme keine wesentliche Veränderung gegenüber dem Vorjahr zeigte. Ich stelle sowohl die nach der Schätzungsmethode wie die nach der „Stichprobenmethode" erhaltenen Zahlen durch eine zehnteilige Skala dar.

Arten	1916 geschätzt			1917	Arten	1916 geschätzt			1917
	24. III	16. VI	20. IX	16. IV		24. III	16. VI	20. IX	16. IV
Setaria viridis	—	—	2—5	0,5	*Anagallis arvensis*	—	—	1	—
Secale cereale	10	10	—	10	*Convolvulus arvensis*	—	1	1	—
Gagea arvensis	1	—	—	—	*Myosotis arvensis*	—	1	—	2
Muscari comosum	1	—	—	0,5	*Lithospermum arvense*	1	1	—	
Polygonum aviculare	2	—	1—2	3	*Ajuga Chamaepitys*	—	—	1—2	—
„ *Convolvulus*		—	1—3		*Galeopsis Ladanum*	—	—	1—4	—
Agrestemma Githago	1	2	—	**8,5**	*Lamium amplexicaule*	1	3	—	0,5
Holosteum umbellatum	—	—	—	0,5	*Veronica arvensis*	—	1	—	—
Erophila verna-majuscula	—	—	—	0,5	„ *triphyllos*	1	—	—	—
					„ *polita*		—	—	5,5
Arenaria serpyllifolia	1	2	—	**10**	„ *hederifolia*	3	—	—	**10**
Ranunculus arvensis	1	3	—	1,5	*Euphrasia Odontites*	—	1	—	—
Adonis aestivalis	—	1	—	—	*Rhinanthus Alectorolophus*	—	2—4	1	—
Papaver Argemone	—	1	—	9	*Sherardia arvensis*	1	1	—	—
„ *Rhoeas*	1	2	—		*Galium tricorne*	1	1	—	9,5
Medicago lupulina	—	—	1—2	—	„ *Aparine-Vaillantii*		2	—	
Trifolium procumbens	—	—	1	—	*Valerianella dentata*	—	3	—	5
Vicia Cracca-tenuifolia	—	1	—	—	*Anthemis arvensis*	—	1	1	—
„ *sativa-obovata*	—	2	—	4	*Senecio vulgaris*	1	—	—	—
Astragalus Cicer	—	—	1	—	*Centaurea Cyanus*	1	3	—	4,5
Euphorbia Peplus	1	—	—	2,5	*Sonchus oleraceus*			1	—
Viola tricolor-arvensis	1	3	1—3	5					
Scandix Pecten Veneris	—	1	—	1					

Man beachte die hohen Verbreitungszahlen bei *Arenaria, Papaver, Veronica hederifolia* und *Galium*, die lediglich besagen, dass diese Arten in allen Quadraten von $\frac{1}{10}$ m² vorkommen. Sie besitzen aber nur einen sehr geringen Deckungsgrad.

Zugleich ergibt sich aus diesem Beispiel noch deutlicher als aus dem von Samuelsson, dass eine nur einmalige Aufnahme einer Siedlung nur ein sehr ungenügendes Bild zu geben vermag, ganz besonders von einer vorwiegend aus Kryptophyten bestehenden, wie einem Getreidefeld. Zu einer mehrmaligen Aufnahme mit der Schätzungsmethode wird man sich viel eher entschliessen können als mit der Stichprobenmethode, bei der eine einzige Aufnahme oft zwei Stunden erfordert.

Wenn man mit sehr kleinen Quadraten arbeitet, erhalten manche Arten, besonders Kryptophyten, nach Raunkiaers Methode viel zu hohe „Valenzen". Das gilt nach Samuelsson und meinen eigenen Beobachtungen besonders von Wiesen, in denen einzelne Kryptophyten wie *Euphrasia* und *Rhinanthus*, oder auch *Crocus* und *Colchicum*, in grosser Menge vorkommen, während sich dieser Übelstand bei Siedlungen aus gleichmässig verteilten Hemikryptophyten oder Chamaephyten (z. B. Moosen und Strauchflechten) viel weniger bemerkbar macht.

Die Forderung Raunkiaers und Lagerbergs, dass man nur solche Pflanzen berücksichtigen dürfe, die in den betreffenden Quadraten wurzeln, lässt Samuelsson nicht gelten, weil dadurch weit ausgebreitete Arten, wie besonders die supraterranen Chamaephyten und Hemikryptophyten, zu kurz kommen. Es kommt ja auf die räumliche Verbreitung an und nicht auf die Individuenzahl. „Wenn man an die Ökologie der Pflanzengesellschaft denkt, ist es doch klar, dass solche Arten ungewöhnlich viel mehr Raum beanspruchen als bloss die nächste Umgebung des Wurzelhalses." Weiter schreibt Samuelsson: „Das über die Bestandesanalyse ausgeführte zusammenfassend, muss ich bezüglich der Verbreitungszahlen (Raunkiaers Methode) sagen, dass ich finde, dass sie ein schlechteres Bild von der Zusammensetzung einer Untersuchungsfläche geben, als eine verständig ausgeführte Aufnahme mit Hults Methode. Die erreichte Objektivität ist ja unter solchen Verhältnissen nicht viel wert." Die Methode der Arealprozente könne überhaupt nicht als objektiv bezeichnet werden; bei der Beurteilung der Brauchbarkeit von Lagerbergs Methode müsse je nach der gestellten Aufgabe untersucht werden, ob das Resultat in einem vernünftigen Verhältnis zur aufgewandten Arbeit stehe.

Einen besonders schwerwiegenden Einwand erhebt Samuelsson gegen Raunkiaers Methode bezüglich ihrer Anwendung zur Abgren-

zung von Pflanzengesellschaften. Bei Raunkiaers Verfahren ist die Auswahl der Quadrate rein subjektiv, und bei Lagerbergs Methode hängt es vom Zufall ab, ob seine in bestimmtem Verband angeordneten Quadrate der gleichen Gesellschaft angehören oder nicht. Dieser Übelstand zeigt sich besonders bei weniger erfahrenen Forschern, die noch nicht, wie Raunkiaer oder Vahl den nötigen „Instinkt" für die Auswahl geeigneter Stichproben besitzen. Das äussert sich z. B. in den sonst sehr gewissenhaften und verdienstvollen Arbeiten von H. Resvoll-Holmsen, deren bunte Artenlisten zur Genüge zeigen, dass sie von recht heterogenen Probeflächen herstammen, besonders bei den Mooren.

Sehr beherzigenswert ist Samuelssons Mahnung, jeder angehende Vegetationsforscher möge seinen „pflanzenphysiognomischen Blick" zuerst an Hochmoorstudien schärfen, da hier die einzelnen Gesellschaften verhältnismässig leicht definierbar sind und sich zu einem Mosaik zusammenfügen, das leichter aufzulösen ist als die verworrenen Mosaike der Waldböden, Weiden und Mähwiesen. Auch besitzen wir hier in den prächtigen Arbeiten von Sernander, L. v. Post, Cajander, Melin u. a. ausgezeichnete Musterbeispiele.

Die konsequent angewandten Methoden von Raunkiaer und Lagerberg führen bei komplizierten Mosaiken zu „Resultaten von äusserst zweifelhaftem Wert." Andrerseits ist hervorzuheben, dass man gerade durch die Analyse kleiner „Stichproben" auf die mosaikartige Zusammensetzung vieler Siedlungen, wie die der Moore und der Wälder, erst recht aufmerksam wird und viele Arten entdeckt, die man sonst übersieht oder in ihrer Menge unterschätzt.

Am erfolgreichsten hat ausser Raunkiaer selber Vahl die Stichprobenmethode angewandt (1911), und das kommt nach Samuelsson daher, dass er die übereinstimmenden Quadrate mit grossem Geschick auszuwählen verstand und abweichende, wie er ausdrücklich angibt, ausschaltete. Lagerbergs Methode der gesetzmässig verbundenen Quadrate ist zu wissenschaftlichen Zwecken nur dort brauchbar, wo grosse völlig einheitliche Flächen vorliegen, was höchst selten der Fall ist. Man muss bei der Aufnahme selber erkennen, was zusammengehört und was nicht, bei der spätern Bearbeitung der Aufnahmen ist dies nicht mehr möglich. So beruht ein Hauptvorzug der Arbeit Vahls gerade auf der Subjektivität des Verfahrens, während die wesentlich objektiver durchgeführten Arbeiten von Hanna Resvoll und Lagerberg für die Erforschung der einzelnen Pflanzengesellschaften kaum brauchbar sind. Es ist nach Samuelsson und Kylin weniger wichtig, Zahlen zu erhalten, mit denen man rechnen kann,

als ein richtiges und zuverlässiges Bild von der Zusammensetzung einer einheitlichen Pflanzengesellschaft zu gewinnen. Sie fassen ihre Kritik in folgenden Sätzen zusammen:

„Die Vorteile, die Raunkiaers Methode der Bestandesaufnahme verspricht, sind zum grossen Teil illusorisch. Ihre Objektivität kann nicht voll aufrecht erhalten werden, wenn sie nicht zu unrichtigen Resultaten führen soll. Sie gibt nur kombiniert mit Arealschätzung (Lagerbergs Methode) eine gute Vorstellung von der absoluten Frequenz der Arten. Auch die Zahlen für die relative Häufigkeit der Arten, die durch Raunkiaers ursprüngliche Methode erhalten werden, wechseln stark nach der Grösse der Einheitsflächen. Es ist nicht sicher, dass die mit Flächen von 0,1 m^2 erhaltenen Ziffern dem wirklichen Verhalten näher kommen, als die nach Hults Häufigkeitsgraden erhaltenen Werte, wie ich oben versuchsweise erwähnte. Die Hult'sche Methode andrerseits hat mindestens den Vorzug der Einfachheit, der gewissermassen auf dem Umstand beruht, dass sie nicht den Schein einer grössern Genauigkeit erweckt, als ihr tatsächlich zukommt". Dem kann ich nur beistimmen.[1])

Bei der Bearbeitung sämtlicher radicanter Gesellschaften auch eines kleinen Gebiets darf man sich also ruhig mit der blossen Schätzungsmethode begnügen, während es bei der monographischen Behandlung einzelner Pflanzengesellschaften wünschbar sein wird, sowohl die Verbreitungszahlen als auch den Deckungsgrad nach der Stichprobenmethode zu ermitteln oder wenigstens getrennt zu schätzen. Dabei möchte ich nur noch mit Rübel, Schröter und Brockmann (1916) den Wunsch aussprechen, dass alle Forscher zum Zweck besserer Vergleichbarkeit der Resultate die gleiche Skala anwenden möchten, und zwar die zehnteilige, auch zur Bestimmung des Deckungsgrades innerhalb der kleinen Einheitsflächen.

d) Wenn man die Veränderungen in der Zusammensetzung einer Siedlung verfolgen will, so hängt die Untersuchungsmethode davon ab, ob man die „Successionen" nur aus den gleichzeitig nebeneinander vorhandenen Stadien erschliessen muss, oder ob man die Veränderung derselben Siedlung während längerer Zeit verfolgen kann.

In beiden Fällen kommt den Verbreitungszahlen ein bedeutend grösserer Wert zu als bei nur statischen Untersuchungen. Die bisher behandelten waren wesentlich statisch, nunmehr handelt es sich

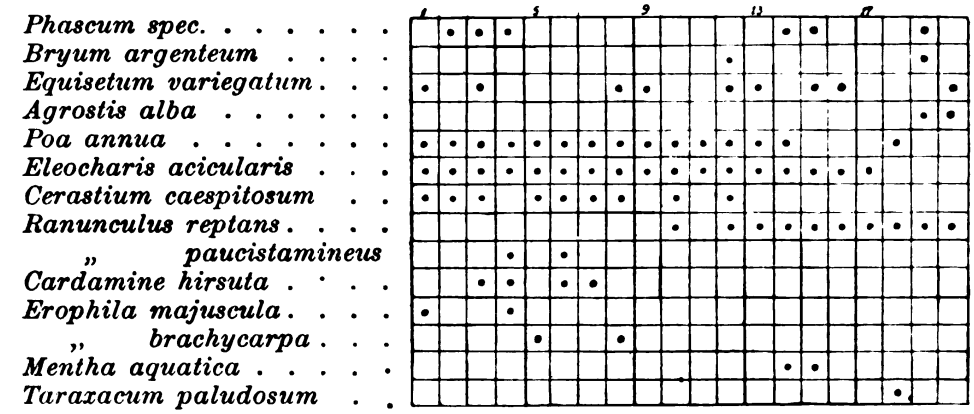
[1]) Schon A. de Candolle schrieb 1850 p. 460: „Il faut surtout éviter de donner, par l'emploi de chiffres, l'apparence d'une précision qui ne serait pas dans les documents dont on dispose".

um dynamische. Zunächst kommen die schon behandelten Kartierungs- und Profil-Methoden zur Anwendung.

Kann nur eine einmalige Untersuchung gleichzeitig nebeneinander entwickelter Stadien vorgenommen werden, so ist die Bestimmung der Verbreitungszahlen und Arealprozente nach den eben besprochenen Methoden sehr wertvoll. Man tut gut, nicht nur anzugeben, in wievielen Quadraten oder Kreisen jede Art vorkommt, sondern auch in welchen. Das kann etwa so geschehen, dass man sich von vornherein ein Schema der zu untersuchenden Flächeneinheiten herstellt, aus dem man nach erfolgter Eintragung der Punkte jederzeit ersehen kann, in welchen Einheiten jede Art vorkommt.

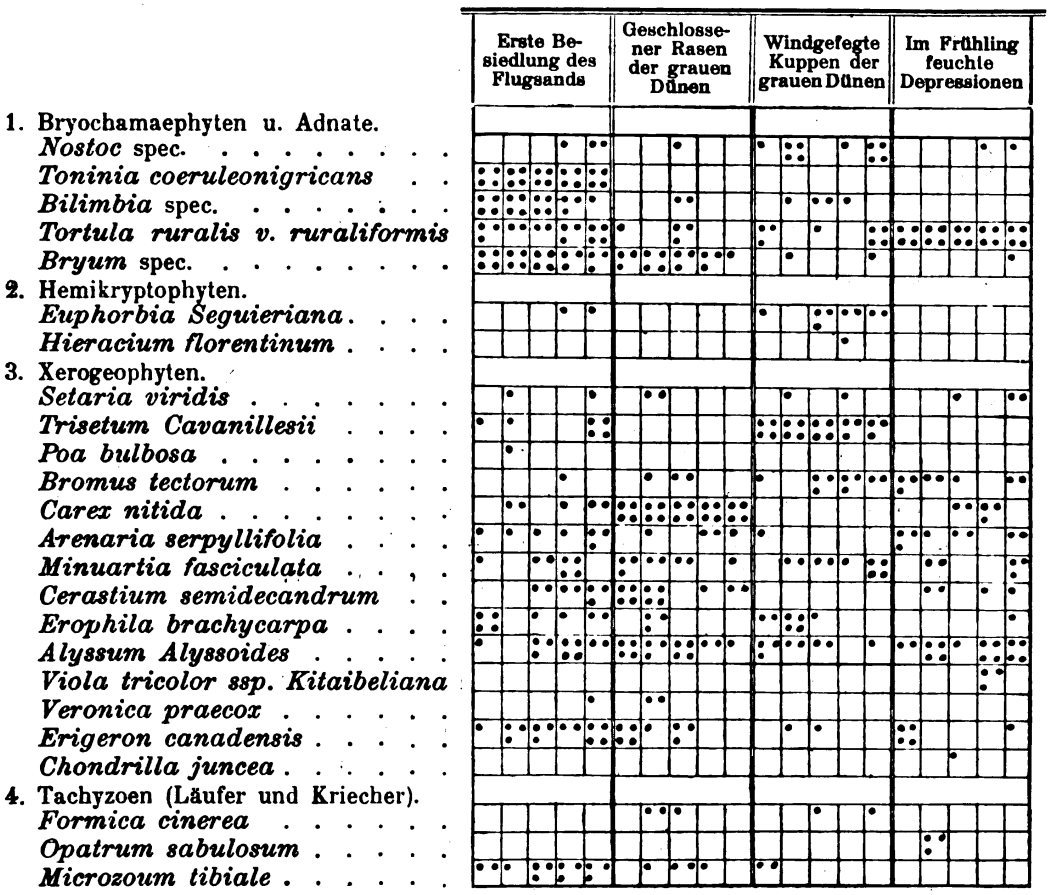
Das mögen folgende Beispiele aus dem Wallis zeigen, von denen das eine die „Zonation" (Clements) an einem periodischen Gewässer, das andere die „Zonation" auf einer Wanderdüne darstellt. Da es sich um meist recht kleine Pflanzen handelt, wurden Quadrate von $\frac{1}{100}$ m² gewählt. Um diese nicht allzu willkürlich wählen zu können, benutzte ich je vier festverbundene Quadrate. Der Abstand ihrer Mittelpunkte beträgt bei der Konstruktion meines zusammenlegbaren Rahmens 40 cm. Noch mehr Quadrate in festen Verband zu fügen, hat bei nur einmaliger Untersuchung keinen Sinn, es muss vielmehr aus den ausgeführten Gründen der subjektiven Wahl der Stichproben ein ziemlich weiter Spielraum gelassen werden.

Beim ersten Beispiel, der Vegetation im „Grenzgürtel" der periodischen Grundwasserquellen von Dorénaz, repräsentiert jede Vertikalkolonne ein Quadrat, in dem die vorkommenden Arten durch Punkte bezeichnet werden, je vier Quadrate gehören von links nach rechts einem nächsttiefern Niveau an. (Aufnahme vom 11. April 1917.)



In der folgenden Aufnahme vom 15. April 1917 werden verschiedene Besiedlungsstationen der Flussdünen von Saillon (vgl. Gams

1916) in der Weise dargestellt, dass je vier durch den Rahmen verbundene Quadrate eine gemeinsame Kolonne erhalten:



Dieses Beispiel zeigt, wie die Quadratmethode auch für nicht zu rasch bewegliche Tiere, hier Ameisen und Käfer, verwandt werden kann.

Wo immer man Gelegenheit hat, eine sich verändernde Siedlung wiederholt zu untersuchen, wird man diese benutzen. Die einfachste Methode ist die der Permanentflächen („permanent quadrats" Clements 1905 p. 170, 1907, 1916 p. 427). Es werden bestimmte Flächenstücke (die nicht notwendig quadratisch zu sein brauchen) abgesteckt und von Zeit zu Zeit untersucht, entweder kartiert oder statistisch aufgenommen. Hat man grosse einheitliche Flächen zur Verfügung, oder auch bei Untersuchungen zu ökonomischen Zwecken, kann man mit Lagerberg (1914) so verfahren, dass man die Quadrate nicht einzeln fixiert, sondern in geometrisch bestimmtem Verband ($^2/_2$, $^2/_4$, $^4/_4$, $^4/_8$) anordnet, so dass man jederzeit in der Lage ist, dieselben Quadrate wieder untersuchen zu können. Nur für wiederholte Unter-

suchungen haben diese Verbände überhaupt einen Sinn, bei rein statischen Untersuchungen führen sie geradezu zu falschen Resultaten.

Neben den gewöhnlichen Permanentflächen, die man einfach sich selbst überlässt, öffnet sich hier ein weites Feld für die experimentelle Vegetationsforschung. Die von Clements (1905 p. 173, 1907, 1916 p. 429) benutzte Methode der entblössten Quadrate (denuded quadrat and quadrat series), bei der einzelne Quadrate von ihrer gesamten Vegetation entblösst werden, um die Neubesiedlung verfolgen zu können, stellt nur eine sehr wertvolle Methode davon dar. In grösserem Masstab hat derartige Studien Meigen (1896) an den allerdings aus anderen Gründen „denudierten" Reblausherden Sachsens angestellt, und das grossartigste „Denudationsexperiment" ist dasjenige von Krakatau (Ernst 1907, Raunkiaer 1909 b). An permanenten Versuchsflächen kann man den Einfluss der verschiedensten Faktoren studieren, wie den Einfluss der Schneebedeckung (vgl. z. B. Grisch 1907 p. 23), den der Düngung und der Bewässerung (vgl. z. B. Stebler und Schröter 1887) oder der Beweidung durch zahme oder wilde Tiere (vgl. z. B. Ramaley 1916 b) usw.

2. Analyse des Ephaptomenons.

Obwohl bereits eine grössere Zahl wertvoller Arbeiten über das Ephaptomenon vorliegen, besonders über die marinen Nereïden (z. B. Kjellman, Börgesen, Rosenvinge, Jónsson u. a.), aber auch über die aerischen Adnaten (beispielweise Nilsson 1898, Sernander 1892 und 1912, Warming 1906 p. 5—23, Schade 1912, Schorler 1914, Boye-Petersen 1914, Häyrén 1914), haben nur sehr wenige Autoren den Versuch unternommen, das quantitative Verhältnis der Arten zu bestimmen. Praktische Ziele kommen nicht in Frage, und das scheinbar regellose Mosaik der meist recht wenig ausgedehnten Adnatensiedlungen lädt nicht sonderlich zu quantitativen Studien ein.

Zur Darstellung adnater Siedlungen kommen dieselben Methoden wie für wurzelnde in Betracht, neben der Photographie die mehr oder weniger schematische Zeichnung, die Karte und das Profil. Mustergültige Photographien finden sich in den schon genannten Arbeiten von Warming (1906), Börgesen (1908) Jónsson (1912), Sernander (1912), Häyrén (1914) u. a., besonders wohlgelungene Stereogramme bei Massart (1910, vgl. z. B. Fig. 331, 353, 363, 367, 391, 407, 431, 432, 464 u. a.). Bei der Kartierung (vgl. Häyrén 1914) ist es so wenig wie bei radicanten Siedlungen nötig, sich an geometrische Grenzen zu halten. Nur gebe man stets den Masstab an und die Lage der Flächen. Unter den Felsflächen unterscheidet

Sernander (1912) Zenitflächen, die frei und mehr oder weniger horizontal liegen, lotrechte Wandflächen, Sickerwasserflächen, überschiessende Wandflächen und Grottenflächen (Balmen), ferner z. B. bei Blöcken und Gipfelfelsen, Gipfelflächen und Fussflächen. Man gebe stets auch Neigung und Exposition an, ferner soweit möglich die Wasser-, Temperatur- und Lichtverhältnisse und den Chemismus des Substrats.

Beispiele von Profilen finden sich gleichfalls bei Häyrén, ein schematischer Querschnitt durch einen Baumstamm mit Angabe der Adnatensiedlungen bei Massart (1910 p. 61).

Zur Häufigkeitsbestimmung benutzt Sernander die fünfteilige Skala Hults, ich selber die zehnteilige Skala. Schon Hult (1887) untersuchte eingehend die Epipetren-Siedlungen, z. B. die von *Andreaea alpestris* und *Gyrophora* in Enare-Lappmark.

Eine eigens für die Epipetren von J. P. Norrlin ausgearbeitete Skala benutzte Häyrén bei seiner vorbildlichen Bearbeitung der Vegetation auf den Schäreninseln an der SE-Küste Finnlands. Dabei bedeuten:

Abstand der Individuen und Kolonien von einander:	Abstand der Individuen und Kolonien von einander:	Beimengung anderer Arten:
1 : über 900 cm	5 : 45—90 cm	8 : 6—7,5 deckend
2 : 450—900 cm	6 : 15—45 cm	9 : 4—6 deckend
3 : 180—450 cm	7 : 2,5—15 cm	10 : 0—4 deckend
4 : 90—180 cm		

Ferner bezeichnet Häyrén bei den Siedlungsbeschreibungen mit *ver.* vereinzelte Individuen, *P* = Pölsterchen, *Gr* = Gruppen, *Fl* = Flecken, *R* = Räschen, *M* = Matten, *B* = Bestände. Die Dichtigkeit der Individuen gibt er mit arabischen, die von Anhäufungen (Kolonien) mit römischen Ziffern an.

Ich habe Versuche mit dieser Skala angestellt, bin aber wieder davon abgekommen.

Als Beispiel diene die Aufnahme eines Gneissfelsens im Eichenniederwald oberhalb Brançon, wobei ich in Klammern jeweils die Norrlinschen Grade in römischen, die Deckungsgrade (1—10) mit arabischen Ziffern beifüge.

Die ostexponierte lotrechte Fläche dieses trockenen, leicht beschatteten Felsens ist zunächst von einer mehr oder weniger endopetrischen schwarzen Kruste, wohl einer *Verrucaria* (VIII, 8), überzogen, ferner von *Amphiloma lanuginosum* (VII, 4). Mit dieser konkurriert *Frullania dilatata* (VII, 5) und über beide wächst eine *Pertusaria* (VI, 3). Teils auf dem nackten Fels, teils auf den Krustenflechten,

hat sich *Grimmia elatior* (VI, 3) angesiedelt, sie wird vielfach von *Frullania* und *Amphiloma* überzogen. Ausserdem finden sich *Homalothecium sericeum* (V, 2), *Dryptodon Hartmanni* (V, 2) und *Madotheca plathyphyllos* (VI). *Amphiloma* überwächst selbst das in den Spalten wachsende *Asplenium septentrionale*, aber über alle andern Flechten und Moose hinweg breitet sich *Parmelia conspersa* (VIII, 6) aus. Sie spielt hier eine ähnliche Rolle wie anderwärts die ebenso „aktiv kriechende" *Parmelia saxatilis*. Auf der ca. 85° geneigten Südseite desselben Felsens finden sich endopetrische Krusten (VIII, 8), *Amphiloma lanuginosum* (VII, 4), darüber *Pertusaria* (IV, 1), *Leucodon sciuroides* (VII, 6), *Dryptodon Hartmanni* (VIII, 4), *Frullania dilatata* (VII, 4), *Parmelia conspersa* (V, 2,) *Homalothecium sericeum* (IV, 2) *Grimmia elatior* (V, 1) und *Grimmia cf. commutata* (VII).

Auch sonst ergab sich bei derartigen Aufnahmen, dass sich nach der Norrlinschen Skala allgemein höhere Werte ergaben und dass die niedrigen Werte dabei seltener zur Anwendung gelangen als bei Benutzung des Deckungsgrads. Da dieser auch leichter und sicherer zu bestimmen ist als der mittlere Abstand, so scheint mir dieses Verfahren demjenigen Norrlins vorzuziehen.

Nur selten wird man in den Fall kommen, Verbreitungszahlen für Adnate zu bestimmen. Bei der Untersuchung der Rindenvegetation kann man den Baum als Flächeneinheit benutzen, wobei man jedoch in der Regel die vier Hauptexpositionen und den Stammgrund gesondert behandeln muss. Man kann beispielsweise in einem subalpinen Lärchenwald feststellen, wieviele Bäume von 100 auf der Südseite *Letharia vulpina* tragen usw. (Mit einer ähnlichen „floristisch-biologischen Häufigkeitsmethode" bestimmt auch Häyrén die Verbreitungszahlen für die Blütenpflanzen der „Meeresfelsen" an der Küste von Nyland, indem er angibt, auf wievielen der untersuchten Felsen jede Art vorkommt). Will man kleinere Flächeneinheiten wählen, so kann man sich hiezu einer „Strickleiter" aus 10 Quadraten von je $\frac{1}{100}$ m² bedienen, die zweckmässig aus steifen Drahtstücken zusammengesetzt wird. Doch haben mir derartige Versuche, die sich auch an Felsflächen anstellen lassen, kein befriedigendes Resultat ergeben, da man nur selten über grössere einheitliche Flächen verfügt.

Neben solchen statischen Untersuchungen versprechen auch dynamische sehr lohnende Ergebnisse. Schon Hult (1885 und 87) und Nilsson (1899) haben solche vorgenommen; die bisher gründlichsten sind wohl die von Häyrén (1914). Neben den bisher wohl ausschliesslich vorgenommenen simultanen Beobachtungen sind aber auch succedane zu machen. Man kann beispielsweise die allmähliche

Besiedlung frischer Felsflächen studieren. Besonders interessante Resultate verspricht die Untersuchung der Successionen auf abgestorbenen Bäumen (vgl. Seite 418). Auch experimentelle Untersuchungen möchte ich angelegentlichst empfehlen. Man kann Stammstücke von ihren sämtlichen Bewohnern entblössen oder Felsstücke losschlagen und die allmähliche Neubesiedlung verfolgen, ebenso wie die Wandlungen in der Bewohnerschaft gefällter Bäume. Oder dann kann man den Einfluss der Beschattung oder Bewässerung auf die Adnaten experimentell prüfen, den Einfluss von Kalksalzen, Stickstoffverbindungen und Gasen, wie den des Sauerstoffgehalts des Wassers und der Temperatur auf die Nereïden. Wie schon Seite 344—47 ausgeführt wurde, reagieren die Adnaten auf Veränderungen der physikalischen und chemischen Bedingungen wesentlich schärfer als die Radicanten. Derartige Experimente sind fast ausschliesslich im Freien anzustellen, da die meisten Adnaten die Stadtluft und Laboratoriumsluft nicht ertragen.

3. Analyse des Planomenons.

Die am längsten und häufigsten ausgeübten quantitativen Bestimmungen erranter Organismen sind wohl, von Wirbeltierzählungen abgesehen, die verschiedenen Methoden zur Bestimmung des Bakteriengehalts von Wasser, Luft usw. Über die Plattenkulturen brauche ich keine Worte zu verlieren, da sie in allen Handbüchern der Bakteriologie und Mikrotechnik eingehend geschildert werden. Nur bei der Bestimmung des „Keimgehalts" von Seewasser möchte ich einigen Zweifel an der Brauchbarkeit dieser Methoden äussern. Die Untersuchungen des Nannoplanktons (Lohmann usw.) ergeben nämlich, dass im Seewasser zahlreiche kleine Zooglœen treiben, die natürlich nur je eine Kolonie ergeben, so dass also die erhaltenen Zahlen nur einen Minimalwert für die wirklich vorhandenen Bakterienmengen darstellen.

Zahlreich sind die Verfahren zur quantitativen Analyse des Planktons. Eine gute Darstellung der älteren Methoden zur Volumen- und Gewichtsbestimmung und Zählung gibt Steuer (1910 p. 150—186), kürzere z. B. H. Bachmann (1911) und Steiner (1912/13). Über die Zählmethodik vergleiche man O. Amberg (1900), über deren Mängel und über das Pumpverfahren Lozeron (1902), Bachmann (1911) und Suchlandt (1917). Ein heutzutage unentbehrliches Hilfsmittel für quantitative Planktonuntersuchungen bildet die Zentrifuge (vgl. die Arbeiten von Lohmann, Pascher, Ruttner, Lantzsch, Brehm, Naumann u. a.). Die Untersuchungen des Zentri-

fugenplanktons, besonders die des „Nannoplanktons“ (Lohmann), haben nicht nur zu ganz neuen Anschauungen über den Lebenshaushalt der Gewässer geführt, sondern auch die Resultate der früheren Zählmethoden als recht fragwürdig erscheinen lassen.

Auch die feinste Müllergaze (No. 25) hat nach längerem Gebrauch immer noch eine Maschenweite von gegen 50 μ, sodass gerade die den Hauptteil der „Urnahrung“ ausmachenden Organismen bei Netzfängen grösstenteils verloren gehen. Das wirkliche Mengenverhältnis der Planktonorganismen durch die Filtermethode bestimmen wollen (ob man nun mit dem Netz fischt oder gepumptes Wasser filtriert), heisst ungefähr soviel, als wollte man eine Alpenweide mit allen Pflanzen und Weidetieren durch ein Sieb von 10 cm Maschenweite sieben und aus dem Rückstand bestimmen, wieviel Nahrung den Tieren zur Verfügung steht. Will man gar die Zählung am lebenden Material mehrere Stunden nach dem Fang vornehmen, so vergleiche man damit den genannten Rückstand einer Wiese und überlege, wieviel die eng zusammengepferchten Kühe, Ziegen und Schafe von den im Sieb zurückgebliebenen Alpenkräutern übrig gelassen haben werden.

Über die Zuverlässigkeit des Zentrifugenverfahrens hat Pascher (1912) interessante Versuche angestellt. Wer schon Plankton zentrifugiert hat, weiss, dass sich nicht alle Arten sedimentieren lassen. Beispielsweise sedimentieren sich die Nauplien von *Diaptomus* viel schwerer als die von *Cyclops*. Manche Algen lassen sich überhaupt nicht sedimentieren, wie die meisten „Wasserblüte“ bildenden Arten (z. B. *Clathrocystis*, *Anabaena*, *Aphanizomenon*, *Botryococcus*). Andere lassen sich nur zu bestimmten Jahreszeiten sedimentieren, so nach meinen Beobachtungen *Oscillatoria rubescens* im Sommer. Pascher gibt an, man könne solche Arten dadurch erhalten, dass man in das Zentrifugengläschen ein ähnlich geformtes kleineres so hineinsteckt, dass sich die beiden Kalotten gegenüberliegen und der ganze Binnenraum mit Wasser erfüllt ist. Mir wollte es trotz sorgfältiger Befolgung des von Pascher angegebenen Verfahrens nicht gelingen, das lebende „Anthoplankton“ abzusondern. Besser und einfacher kann man dieses dadurch erreichen, dass man die Schöpfprobe oder den Netzfang in einem engen gefüllten Zylinderglas stehen lässt und dann die oberste Schicht abgiesst oder sorgsam abhebert. Eine Sedimentation ist meist dann möglich, wenn man der zu zentrifugierenden Wassermenge eine Fixierungsflüssigkeit, wie Flemmingsches oder Pfeiffersches Gemisch zusetzt.

Man kann so recht wohl zu einer Bestimmung des Gesamtvolumens und auch des Trockengewichts der in einer bestimmten

Wassermenge enthaltenen Planktonmenge gelangen, durch „fraktioniertes Zentrifugieren" auch zu einer solchen einzelner Arten von abweichendem spezifischen Gewicht. Eine Zählung der empfindlichen „Nanno-Flagellaten" ist aber vielfach ausgeschlossen, besonders wenn das Material fixiert worden ist.

Aus all den angeführten Schwierigkeiten sehen viele Autoren von genauen quantitativen Planktonbestimmungen ab und begnügen sich mit blossen Schätzungen. Beispielsweise benutzte Ostenfeld (1903) eine fünfteilige Häufigkeitsskala ähnlich derjenigen Drudes, und auch ich begnügte mich bei meinen noch nicht publizierten Planktonuntersuchungen in zahlreichen Schweizer Seen meist mit einer solchen.

Kolkwitz[1]) (1912—14) hat eine neue Zählmethode angegeben, die der Zählquadratmethode bei den Radicanten entspricht. Naturgemäss muss die Einheit beim dreidimensional verteilten Plankton ein Volumenmass sein. Kolkwitz wählt 1 cm^3, für kleine in sehr grosser Menge vorhandene Arten (besonders Saproplankten) 1 mm^3. Man mischt eine aus bestimmter Tiefe mit der Schöpfflasche oder Pumpe entnommene grössere Probe gut durch und zählt dann direkt die in der Volumeneinheit enthaltenen Individuen jeder Art unter dem Mikroskop. Mit der von Kolkwitz eingeführten „Planktonkammer"[2]) habe ich zahlreiche Bestimmungen ausgeführt und bin zu recht überraschenden Ergebnissen gekommen.

Beispielsweise zählte ich pro cm^3 in Schöpfproben aus den oberen Schichten des Zürichsees am 11. September 1914 52 Zellen von *Ceratium hirundinella*, 7 Kolonien von *Tabellaria fenestrata*, 5 von *Fragilaria crotonensis* und 1 von *Asterionella gracillima*, am 16. September 1914: 128 *Ceratium hirundinella*, 8 *Peridinium cinctum*, 8 *Codonella lacustris*, 10 Kolonien von *Tabellaria*, 10 von *Fragilaria*, 3 von *Asterionella*, 8 von *Uroglenopsis* und 24 Fäden von *Oscillatoria rubescens*. Am 22. Oktober 1914 hatten die Flagellaten sehr stark abgenommen, dagegen fanden sich 18 Kolonien von *Tabellaria* und 180 Fäden der *Oscillatoria*. Am 18. April 1914 waren gegen 2000 Zellen von *Stephanodiscus* im cm^3 vorhanden, in den Netzfängen nur recht wenige; das Wasser war gelblichgrün (vgl. über einen ähnlichen Befund Schädel 1916).

Ähnliche Resultate erhielt ich in andern Seen des Kantons Zürich. So ergab eine Schöpfprobe aus dem Katzensee vom 25. April

[1]) Ein ähnliches Verfahren hat schon Kofoid 1904 in Illinois angewandt.

[2]) Vgl. hierüber besonders auch die Arbeiten von E. Naumann in Botaniska Notiser (Lund 1914) und im Biol. Centralblatt (1917).

1914: 160 Kolonien von *Dinobryon divergens*, 14 von *Dinobryon stipitatum*, 90 Fäden von *Melosira*, über 4000 einzellebende *Cyclotellen*, 808 Kolonien von *Cyclotella melosiroides* und 38 von *C. Schröteri*.

Mit diesen Zahlen dürfte der Wert der Planktonkammer wohl erwiesen sein. Natürlich ist sie nur für einzelne in genügender Menge vorhandene Arten brauchbar. In den subalpinen und alpinen Seen erreichen meist überhaupt keine Arten die „Kammerschwelle", die eine derartige Zählung gestattet. In diesem Fall kann man zu graduierten Zentrifugengläsern greifen und dann das Sediment aus einer bestimmten Wassermenge in der Planktonkammer durchzählen. Ausnahmsweise treten aber auch in Alpenseen einzelne Planktozoen (selten dagegen Planktophyten) in solcher Menge auf, dass sie das Wasser verfärben. Beispielsweise fand ich in einem seichten Teich auf der Alp von Fully in 2200 m Höhe einmal 18 erwachsene *Diaptomus bacillifer* in 40 cm^3 und in einem benachbarten 1—2 *Scapholeberis mucronata* in 1 cm^3. Ähnlich dichte Schwärme von Entomostraken beobachtete ich auch in dem ca. 50 m tiefen Lac de Fully (2130 m). Dagegen ist in den meisten der untersuchten Alpenseen das Phytoplankton, auch das autotrophe Nannoplankton, äusserst spärlich; die gefundenen Chrysomonaden, Peridineen und Kieselalgen dürften kaum als alleinige Nahrung für das Phagoplankton genügen. Trotzdem bin ich mit Lantzsch der Ansicht, dass die Annahme Pütters, die Planktozoen könnten auch gelöste Nahrung aufnehmen, sich also saprob ernähren, unnötig ist. Wohl mag das von den in Alpenseen viel reichlicher auftretenden Ciliaten gelten, als gemeinhin bekannt ist. Dem von allen Planktonkrustern am höchsten steigenden *Diaptomus bacillifer*, den ich im Wallis noch bei 2600, im Oberengadin bei 2760 m in Menge traf, und zwar zum Teil in völlig planktonalgenfreien, fast das ganze Jahr zugefrorenen Seen, scheinen nach meinen Beobachtungen in mehreren Walliser Alpenseen sehr wahrscheinlich autotrophe Grundalgen als Nahrung zu dienen. Ihre ziegelroten oder braunen, gallertartigen Kolonien überziehen oft in Menge die sonst völlig unbewachsenen Steine am Grund und Ufer, und gerade an diesen Steinen hält sich der genannte Copepod mit besonderer Vorliebe auf.

Das Studium der Veränderungen in der Zusammensetzung des Planktons ist noch zu wenig betrieben worden. Es liegen viele Angaben über plötzliches Neuauftreten gewisser Arten vor und die Besiedlung von Alpenseen haben beispielsweise Rina Monti (1904—6) und V. Brehm (1906) verfolgt. Je kleiner ein Gewässer ist, um so rascher verlaufen die Planktonsukzessionen und um so leichter sind

sie zu beobachten. Besonders die kleinen Moortümpel und die alpinen Weidetümpel sind ausgezeichnete Objekte (vgl. Seite 416). Für Aquarienbesitzer ist das Studium des Einflusses von Temperatur und Licht, Gehalt an Sauerstoff, Mineralsalzen und organischen Stoffen auf die Zusammensetzung des Zentrifugenplanktons, wie der übrigen Erranten, eine sehr lohnende, aber noch kaum in Angriff genommene Aufgabe. Nur allzuoft bietet sich leider auch Gelegenheit, die Folgen der künstlichen Verschmutzung von grösseren Seen und Flüssen beobachten zu können. Die quantitative Verfolgung derselben ist eine Aufgabe von hervorragender volkswirtschaftlicher Bedeutung.

Soviel über die quantitative Planktonbestimmung. Für die übrigen erranten Lebensgemeinschaften kenne ich keine quantitativen Bestimmungen ausser der direkten Zählung, wie sie z. B. für die Zwecke der Jagd und Fischerei geübt wird.

V. Zur Darstellung von Pflanzengesellschaften.

Die Darstellung durch Karten und Profile wurde bereits behandelt, desgleichen einige quantitativ-statistische Verfahren. Nicht darum handelt es sich im folgenden, sondern um die Darstellung der Zusammensetzung aus Lebensformen und Aspekten.

Bereits Heer (Seite 317) hatte sich der Lebensformen zur Charakterisierung bestimmter Gebiete, der Höhenstufen des Sernftals, bedient. Raunkiaer hat dieses auch von Drude (1896) benutzte Verfahren sehr vervollkommnet und gelangte so zu seinen „biologischen Spektren", die jetzt auch von andern Autoren, wie Ostenfeld, Häyrén, J. Braun, Harshberger u. a. benutzt werden. Entweder wird zur Ermittlung solcher Spektren nur das Verhältnis der den Lebensformen eines Gebietes zukommenden Artenzahlen benutzt (Raunkiaer 1908), oder aber das quantitative Verhältnis der Arten innerhalb einzelner Pflanzengesellschaften, und dann kommt es sehr darauf an, wie dieses bestimmt wird (vgl. Seite 376).

Eine Darstellung der Zusammensetzung einer Siedlung aus Lebensformen geben auch die sehr anschaulichen Diagramme von Hult (1881). Er teilt ein Quadrat in sieben gleichgrosse horizontale Kolonnen, die den von ihm unterschiedenen Vegetationsschichten entsprechen (Kupffer fügte 1913 noch eine achte hinzu: die „eigentliche Boden- oder Wasserschicht". In Schweden werden jetzt meist weniger als sieben Schichten unterschieden.) und in fünf ungleich grosse Vertikalkolonnen, die seinen Häufigkeitsgraden entsprechen. Durch Schraffur gibt er an, mit welchem Häufigkeitsgrad jede Schicht

vertreten ist, in einer besonderen Vertikalkolonne ausserdem durch römische Ziffern, welche Lebensform (vgl. Seite 319) die betreffende Schicht vornehmlich zusammensetzt. Sernander hat dieses Verfahren dahin modifiziert, dass er auch den Schichtstreifen entprechend ihrer Bedeutung von unten nach oben zunehmende Breite gibt, und in dieser Form haben sich diese Diagramme in Schweden allgemein eingebürgert (Sernander, v. Post, Lagerberg u. a.)

Das Wesentliche daran ist die Darstellung der Zusammensetzung aus Lebensformen, auf der ja schliesslich die Entstehung natürlicher Vegetationsschichten fast allein beruht. Wenn man die Lebensformen auseinanderhält, kann man daher meines Erachtens ruhig auf die Darstellung der Schichten, die ja ohnedies meist nur recht willkürlich abzugrenzen sind, verzichten.

Allen genannten Methoden haftet der Übelstand an, dass dabei die Aspekte ganz ausser Betracht fallen, wenigstens soweit der betreffende Autor sie nicht bereits bei der Aufstellung seiner Lebensformen benutzt hat. Ich kenne keine befriedigende graphische Darstellung der Aspekte radicanter Siedlungen in der mir bekannten Literatur. (Die im Literaturverzeichnis angeführten Arbeiten von Blomquist und Zodda, die sich auch mit graphischen Darstellungen befassen, waren mir unzugänglich.)

Einen Versuch zu einer graphischen Darstellung der Aspekte hat Harshberger (1916 p. 214) unternommen, dabei aber nur zwei bis vier Arten der betreffenden Siedlung dargestellt, ohne Rücksicht auf ihr Mengenverhältnis. Vollkommener hat Massart (1908—10) die Phänologie einzelner Arten dargestellt, aber nur autökologisch, ohne Rücksicht auf das Mengenverhältnis innerhalb der Vegetation.

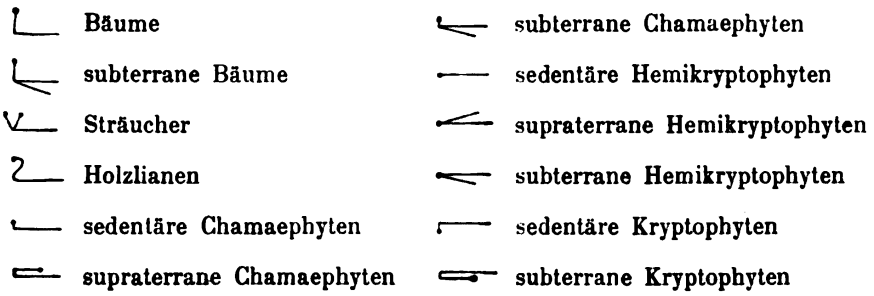
Am vollkommensten ist das gesteckte Ziel bisher für das Plankton erreicht worden, besonders von denjenigen Autoren, die das Ergebnis genauer quantitativer, auf mindestens ein volles Jahr ausgedehnter Untersuchungen in Kugelkurven darstellen (vgl. die Arbeiten von Lohmann, Ruttner und Suchlandt). Diese Darstellungen vermögen, falls die zur quantitativen Bestimmung benutzten Verfahren einwandfrei und die Untersuchungen genügend oft durchgeführt worden sind, ein sehr vollkommenes Bild von der qualitativen und quantitativen Zusammensetzung einer Planktonsiedlung zu geben, und zwar nach rein induktivem Verfahren.

Diese Art, das Plankton einzelner Gewässer darzustellen, bewog mich zu dem Versuch, dasselbe auch für andere Siedlungen, insbesondere radicante, zu tun. Unbedingtes Erfordernis hiefür bilden:

1. Möglichst zahlreiche Aufnahmen derselben Siedlung oder im wesentlichen übereinstimmender Siedlungen innerhalb desselben engern Gebiets.
2. Angabe bei jeder Aufnahme der relativen Menge und des Entwicklungszustands (Aspekts) jeder Art.

Um diese Voraussetzungen zu erfüllen, habe ich von Anfang März bis Mitte Oktober 1916 über 1300 Siedlungsaufnahmen von Vertretern sämtlicher radicanter Pflanzengesellschaften meines Gebietes gemacht, wobei ich mich zur Häufigkeitsbestimmung der Schätzung mit zehnteiliger Skala und zur Bezeichnung der Aspekte der Seite 363 angeführten Signaturen bediente.

Die Monate stelle ich durch Vertikalkolonnen, die Arten durch Horizontalkolonnen dar, also umgekehrt, als es bisher für Plankton üblich war. Es handelt sich nur um die Darstellung einzelner Siedlungen, nicht aber, wie z. B. bei Suchlandt, um die vertikale Anordnung derselben. Besonders bei langen Artenlisten scheint mir meine Anordnung zweckmässiger. Zur Bezeichnung der Lebensformen bediene ich mich einfachster Signaturen, wobei ich nur die Lage der Überdauerungsorgane und das Wandervermögen berücksichtige, da ja im allgemeinen die Xeromorphie innerhalb derselben Siedlung wenig Veränderungen zeigt. So bedeuten:



Die Aspekte werden so dargestellt, dass Ruhezeiten als feine Linien figurieren, die man bei Samenruhe zweckmässig aussetzen lässt. Das Austreiben erscheint als ein Anschwellen des Aspektbandes, dessen höchste Breite in mm die geschätzte Abundanz (bei genaueren Bestimmungen den Arealprozent oder besser die Quadratwurzel daraus) zur Blütezeit der betreffenden Art (bei Archegoniaten zur Zeit der Sporenreife) darstellt. Mit dem Aufhören der Assimilationstätigkeit wird das Aspektband wieder zur dünnen Linie. Die einzelnen Arten können entweder in taxonomischer Reihenfolge, oder nach ihrer Konstanz, ihrer Abundanz, ihren Lebensformen oder Aspektfolgen angeordnet werden. Ersteres Verfahren ist bei vor-

wiegend floristisch-statistischen, die andern bei vorwiegend synökologischen Untersuchungen vorzuziehen.

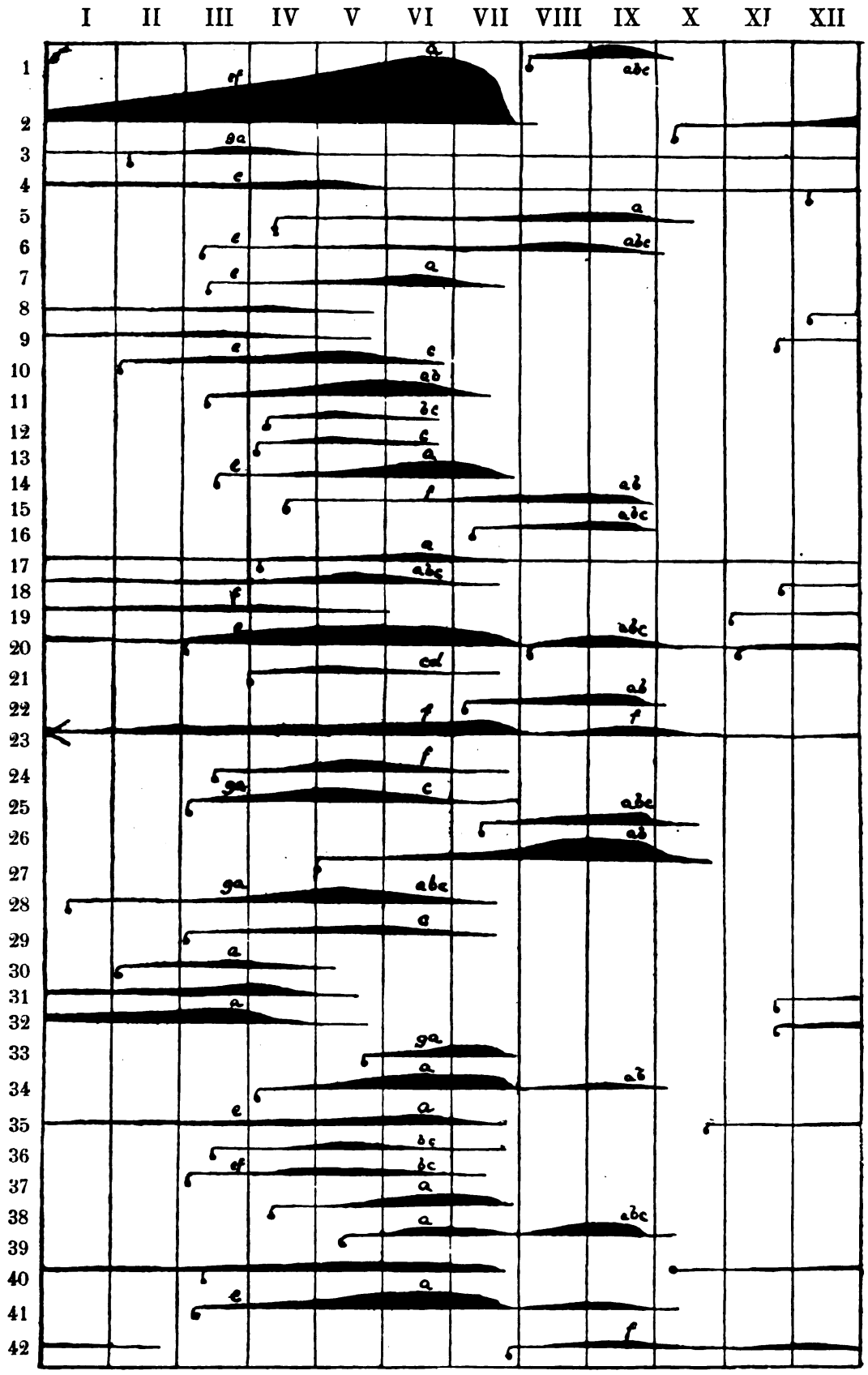
Einige Beispiele aus meinen Aufnahmen am Walliser Rhoneknie im Jahre 1916 mögen dieses Verfahren erläutern und zugleich seine Vorteile dartun.

Als erstes Beispiel eines solchen „phäno-ökologischen Spektrums", wie ich diese Diagramme im Gegensatz zu den „biologischen Spektra" Raunkiaers nennen möchte, mag die Darstellung eines Roggenfeldes dienen. Es ist das sogenannte „Croè-tsamp" (= böses Feld) bei Buitonnaz, ein primitives Roggenfeld ohne Fruchtwechsel und ohne Futterbau, auf einer südexponierten kalkreichen Terrasse in 950 m oberhalb Fully. Ausser den Seite 380 mitgeteilten Häufigkeitszahlen und den hier beigefügten Aspektzeichen wurden zur Konstruktion dieses Diagramms weitere 24 Aufnahmen anderer, aber ähnlicher Felder aus der Nachbarschaft benutzt. Da die Flora der Getreidefelder mit wenigen Ausnahmen aus Geophyten besteht, ordne ich hier die Arten in systematischer Reihenfolge an.

Dabei bedeuten: 1 = *Setaria viridis*, 2 = *Secale cereale*, 3 = *Gagea arvensis*, 4 = *Muscari comosum*, 5 = *Polygonum aviculare*, 6 = *Polygonum convolvulus*, 7 = *Agrostemma Githago*, 8 = *Holosteum umbellatum*, 9 = *Erophila verna* ssp. *majuscula*, 10 = *Arenaria serpyllifolia*, 11 = *Ranunculus arvensis*, 12 = *Adonis aestivalis*, 13 = *Papaver Argemone*, 14 = *Papaver Rhoeas*, 15 = *Medicago lupulina*, 16 = *Trifolium procumbens*, 17 = *Vicia Cracca* ssp. *tenuifolia*, 18 = *Vicia sativa* ssp. *obovata*, 19 = *Euphorbia peplus*, 20 = *Viola tricolor* ssp. *arvensis*, 21 = *Scandix Pecten-Veneris*, 22 = *Anagallis arvensis* ssp. *phoenicea*, 23 = *Convolvulus arvensis*, 24 = *Myosotis arvensis*, 25 = *Lithospermum arvense*, 26 = *Ajuga Chamaepitys*, 27 = *Galeopsis Ladanum*, 28 = *Lamium amplexicaule*, 29 = *Veronica arvensis*, 30 = *Veronica triphyllos*, 31 = *Veronica polita*, 32 = *Veronica hederifolia*, 33 = *Euphrasia Odontites*, 34 = *Rhinanthus Alectorolophus*, 35 = *Sherardia arvensis*, 36 = *Galium tricorne*, 37 = *Galium Aparine* ssp. *Vaillantii*, 38 = *Valerianella dentata*, 39 = *Anthemis arvensis*, 40 = *Senecio vulgaris*, 41 = *Centaurea Cyanus*, 42 = *Sonchus oleraceus*.

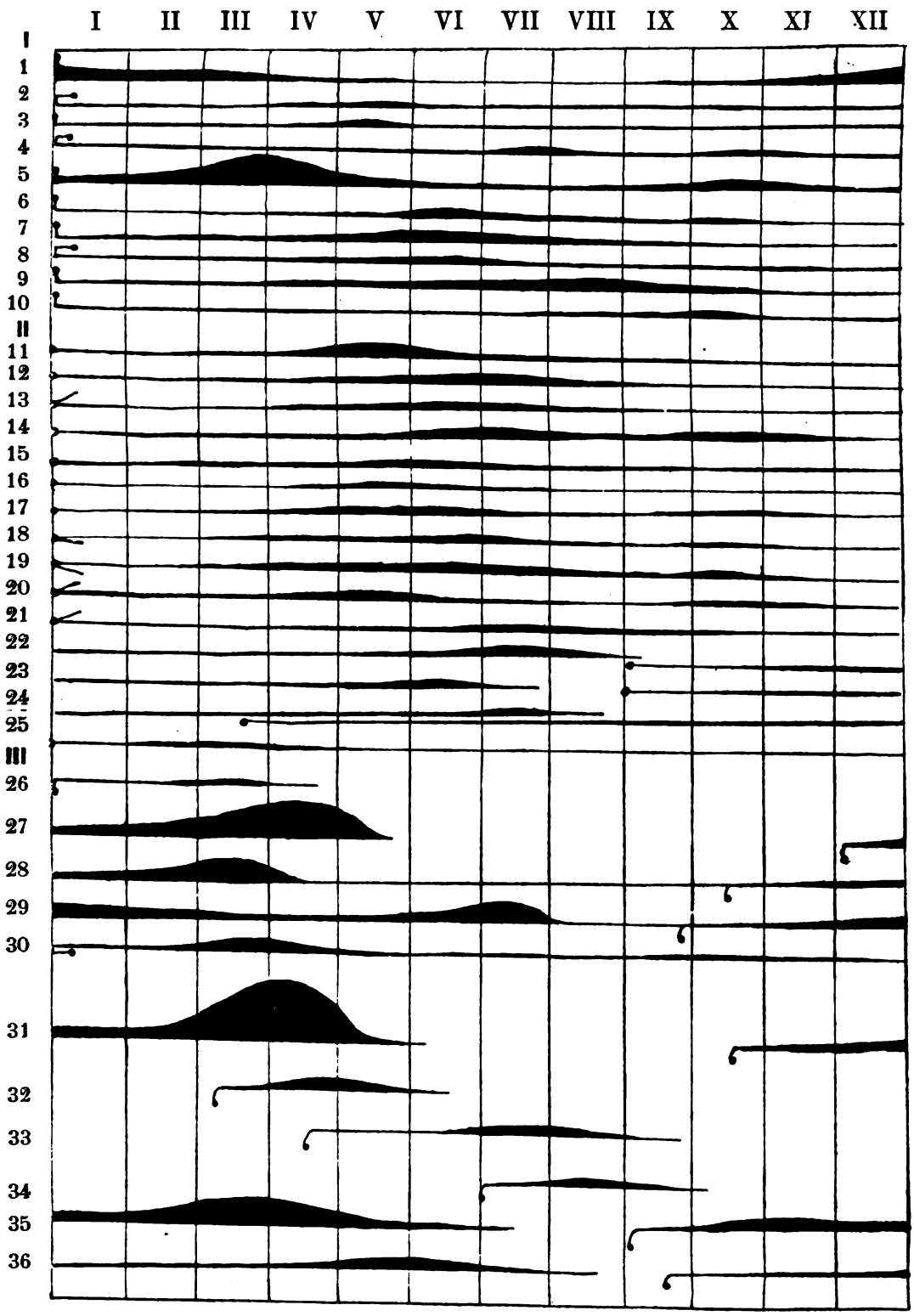
Diese Darstellung zeigt wohl zur Genüge, wie leicht auf diese Weise die Aspektfolge zum Ausdruck gebracht werden kann. Zugleich gibt sie ein Beispiel für solche Pflanzengesellschaften, deren Aspektfolge durch menschliche Eingriffe stark verändert worden ist: deutlich zeigt sich das Erlöschen der Assimilationstätigkeit vieler Arten mit der Roggenernte, die Entwicklung der Brachlandpflanzen bis zum Pflügen und das Einsetzen des Vorfrühlingsaspekts mit der Saat. Eine „Schneeruhe" kennen ja die Wintersaaten nicht! Von aktiven Wanderern findet sich einzig *Convolvulus arvensis*, der zugleich supraterran und subterran ist.

Man kann auch solche Arten, die in Lebensform und Aspektfolge übereinstimmen, gemeinsam darstellen, indem man ihre Häufigkeits-


I
II
III
IV
V
VI
VII
VIII
IX
X
XI
XII
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42

zahlen summiert. Dadurch treten die Aspekte, die durch solche Darstellungen rein induktiv ermittelt werden, besonders scharf hervor. Hiefür diene ein Weiderasen bei Mazembroz als Beispiel, der die sommerliche Dürrezeit besonders klar zeigt. Es ist eine im April und Mai, sowie im Spätherbst stark abgefressene Kuh- und Ziegenweide auf einem südexponierten kalkarmen Schuttkegel bei 510—530 m. Um zu belegen, dass hier die praevernalen Xerogeophyten nicht nur lokalisiert vorkommen, seien zuvor die am 16. April 1917 für einige derselben ermittelten Verbreitungszahlen mitgeteilt. Innert 50 über eine grössere Fläche verteilten und zu je vier verbundenen Quadraten von $\frac{1}{100}$ m² kommen vor: *Riccia Bischoffii* in acht Quadraten, *Cladonia convoluta* in neun, *Poa concinna* in 43, *Carex nitida* in 24, *Gagea saxatilis* in 38, *Allium sphaerocephalum* in 13, *Arenaria serpyllifolia* in 13, *Cerastium semidecandrum* in 46, *Holosteum umbellatum* in 40, *Scleranthus annuus* ssp. *polycarpos* in 42, *Erophila* in 43, *Arabidopsis Thaliana* in 29, *Saxifraga tridactylites* in 38, *Medicago minima* in 37, *Erodium Cicutaria* in 27, *Viola tricolor* ssp. *Kitaibeliana* in sieben, *Myosotis micrantha* in 27, *Veronica arvensis* in 38, *Valerianella carinata* in 27 Quadraten. Es sind meist in winzigen Formen auftretende Arten, von denen man schon im Juni fast keine Spuren mehr findet. Die die Sommeraspekte beherrschenden Arten (Hemikryptophyten und Chamaephyten) zeigen eine viel geringere Verbreitung: in denselben 50 Quadraten fand sich beispielsweise *Festuca vallesiaca* in zwei, *Tunica saxifraga* in 14, *Artemisia campestris* in drei Quadraten. Für diese Siedlung verfüge ich über drei Aufnahmen von 1915, neun von 1916 und eine von 1917. In dieser Darstellung fällt vor allem der ausserordentlich stark entwickelte prävernale Aspekt auf, der fast ausschliesslich von Xerogeophyten gebildet wird. Diese bedecken den sonst offenen Boden im März und April mit einer nahezu geschlossenen Pflanzendecke.[1]) Im Mai und Juni blühen nur wenige Arten, denn es wird stark geweidet und die niederschlagsärmste Zeit hat eingesetzt. Im Spätsommer erwacht die Vegetation aufs neue und mit dem im Herbst wieder fallenden Tau beginnt für viele Arten eine neue Vegetationsperiode, die direkt zum Vorfrühlingsaspekt überleitet. Auch die relativ grosse Trockenheit des Septembers spiegelt sich ziemlich deutlich.

[1]) vgl. Gams 1916.


I II III IV V VI VII VIII IX X XI XII
I
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
II
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
III
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36

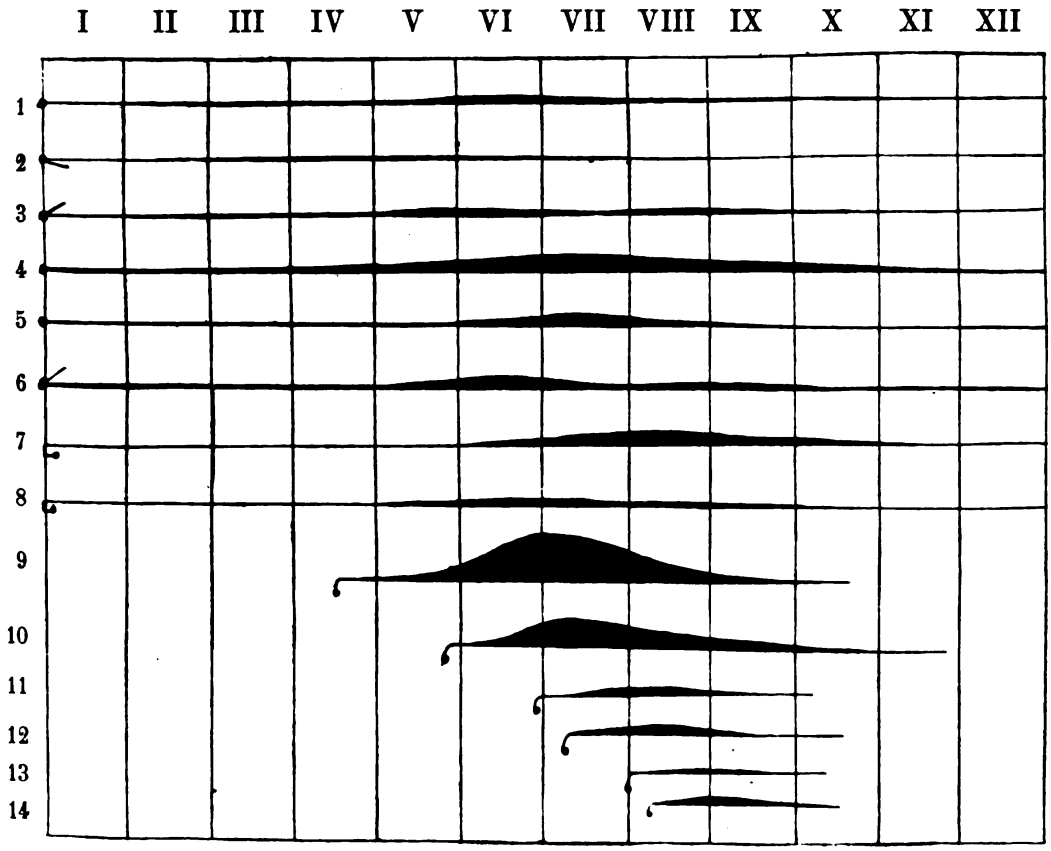
Es bedeuten: I = Chamaephyten. 1 = *Tortula ruralis, Cladonia convoluta* u. a. Bryochamaephyten, 2 = *Sedum album*, 3 = *Sempervivum arachnoideum*, 4 = *Sempervivum tectorum*, 5 = *Potentilla puberula (= Gaudini)*, 6 = *Helianthemum nummularium*, 7 = *Teucrium Chamaedrys*, 8 = *Thymus serpyllum*, 9 = *Artemisia campestris*, 10 = *Artemisia vallesiaca*. — II = Hemikryptophyten. 11 = *Festuca vallesiaca*, 12 = *Stipa capillata* und *Melica ciliata*, 13 = *Cynodon Dactylon*, 14 = *Tunica saxifraga*, 15 = *Silene Otites*, 16 = *Ononis pusilla*, 17 = *Galium tenuifolium* und *Stachys rectus*, 18 = *Euphorbia Seguieriana*, 19 = *Origanum vulgare, Achillea setacea*, 20 = *Herniaria glabra, Hieracium Peleterianum*, 21 = *Hieracium tardans*, 22 = *Echium vulgare, Verbascum Lychnitis*, 23 = *Carduus nutans*, 24 = *Centaurea Stoebe* var. *vallesiaca*, 25 = *Taraxacum officinale* ssp. *levigatum*. — III = Xerogeophyten. 26 = *Pterygoneurum cavifolium, Phascum curvisetum* etc., 27 = *Poa concinna und bulbosa*, 28 = *Gagea saxatilis*, 29 = *Allium sphaerocephalum*, 30 = *Carex nitida*, 31 = *Cerastium semidecandrum, Holosteum, Erophila, Scleranthus polycarpos* und neun andere Arten, 32 = *Arenaria serpyllifolia, Medicago minima, Helianthemum salicifolium* und vier andere Arten, 33 = *Trifolium arvense, Filago arvensis* und *minima, Torilis arvensis*, 34 = *Tragus racemosus, Eragrostis minor, Setaria viridis*, 35 = *Erodium Cicutaria*, 36 = *Satureja Acinos*.

Wenn man mit den dargestellten Aspekten die Schilderung der ungarischen Puszta von Kerner vergleicht, ergibt sich eine grosse Übereinstimmung. Man würde irren, wollte man aus dem Vorkommen derartiger Siedlungen auf ein echtes „Xerogeophytenklima" im Wallis schliessen. Wo mehrere Jahre nicht mehr geweidet wird, werden, wie ich mehrfach beobachten konnte, die Xerogeophyten durch einen geschlossenen Hemikryptophytenrasen sehr stark zurückgedrängt. (Ähnlich dürfte es sich wohl auch mit den „Grassteppen" anderer Länder verhalten!)

Ganz parallel gehen den Pflanzenaspekten die der Tierwelt. Jedem Aspektmaximum der Vegetation entspricht ein solches im Auftreten gewisser Insekten. Im Vorfrühlingsaspekt sind es besonders Diptern und einzelne Hemiptern, wie *Pyrrhocoris*, von Orthoptern fast nur *Tettix*, von Coleoptern besonders *Opatrum sabulosum* und *Coccinellen*, von Lepidoptern fast nur *Psychiden*. Von Ameisen erscheint besonders häufig *Plagiolepis pygmaea*. Entsprechend sind die meisten Blüten recht unscheinbar, viele sind autogam und viele Arten sind myrmekochor. Im Sommer erscheint die Hauptmasse der Hautflügler, Käfer und Schmetterlinge. Während die Frühlingsblüten meist weiss oder gelb gefärbt sind, herrschen nun die roten und blauen Farben. Für die Herbstaspekte sind neben Arten von *Lycaena* und *Satyrus* besonders zahlreiche Acridier (z. B. Arten von *Oedipoda* und *Calliptamus*) und *Mantis religiosa* charakteristisch. Mit ihrem Fehlen im Vorfrühling mag zum guten Teil der viel zartere Bau der Frühlingspflanzen zusammenhängen. Es ist Aufgabe der Zoo-Ökologen, die phaeno-ökologischen Spektren der Tierwelt festzustellen. —

Wiederum eine andere Darstellungsmöglichkeit ergibt sich, wenn man nicht eine einzelne Siedlung darstellt, sondern aus mehreren im wesentlichen übereinstimmenden Siedlungen die den meisten gemeinsamen und die gerade für diese Siedlungen charakteristischen Arten herausgreift (Konstante von Brockmann und Charakterpflanzen von Braun), und aus ihnen gewissermassen eine „ideale Pflanzengesellschaft" konstruiert, wie sie verwirklicht wäre, wenn die in jedem Einzelfall nur unvollkommen entwickelte Faktorenkombination auf einer grössern Fläche desselben Gebiets ohne Beimengung anderer Einflüsse realisiert wäre.

Ein erstes Beispiel hiefür zeigt, wie in der Talsohle des Wallis eine ganz andere Aspektfolge als an den Hängen vorherrscht. Die Darstellung ist aus neun Siedlungsaufnahmen von feuchten Feld-



1 = *Atropis distans*, 2 = *Carex hirta*, 3 = *Potentilla anserina*, 4 = *Plantago major*, 5 = *Leontodon autumnalis*, 6 = *Trifolium repens*, 7 = *Trifolium fragiferum*, 8 = *Lotus corniculatus* ssp. *tenuifolius*, 9 = *Juncus compressus*, 10 = *Juncus bufonius*, 11 = *Centaurium pulchellum*, 12 = *Cyperus flavescens*, 13 = *Euphrasia Odontites* ssp. *serotina*, 14 = *Setaria glauca*.

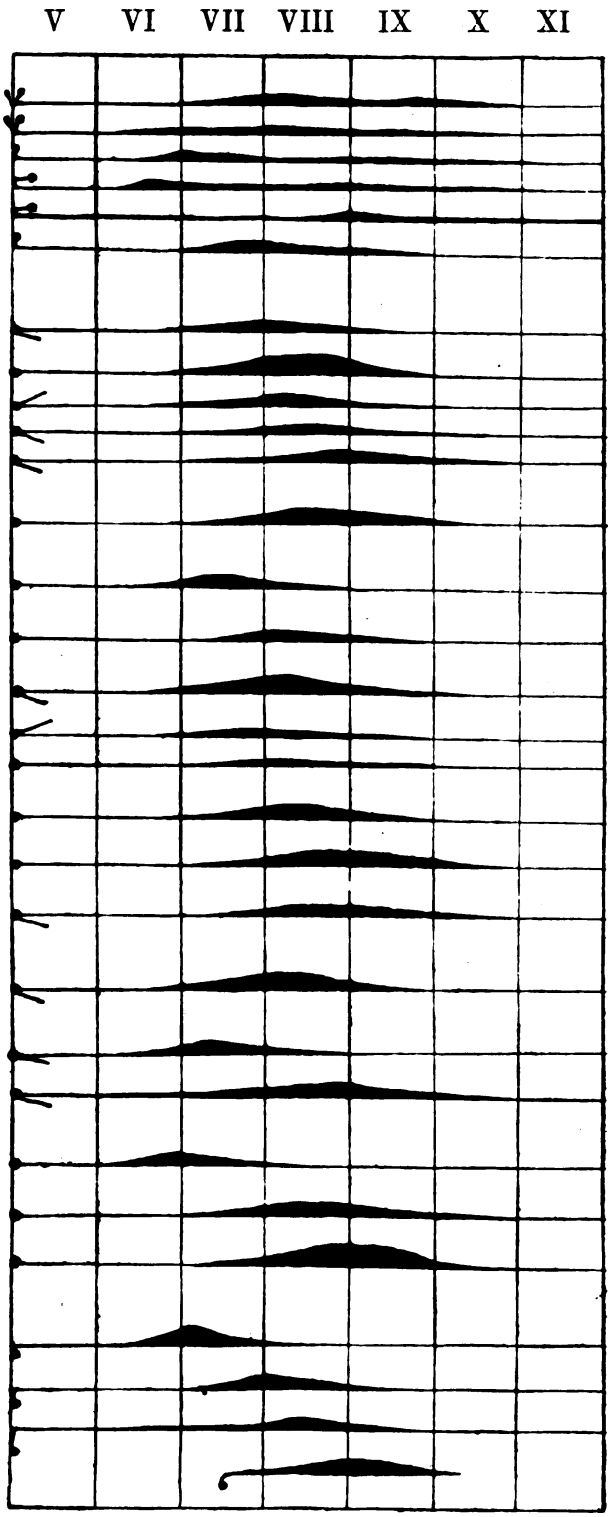
wegen der Rhoneebene kombiniert. Die Hauptvegetationszeit fällt hier gerade mit der Trockenzeit der Hänge zusammen. Im Winter und Vorfrühling hemmen die kalten Luftströmungen und die „physiologische Trockenheit" des salzhaltigen und wasserdurchtränkten, ja im April öfters überschwemmten Bodens die Vegetationsentwicklung. Im Sommer ist dank dem durch die Gletscherschmelze bewirkten hohen Grundwasserstand stets genügend Feuchtigkeit vorhanden. Trockenheit tritt erst im September ein und damit beginnt für die meisten Arten die Winterruhe. Das gilt auch für andere Pflanzengesellschaften der Ebene.

In derselben Weise lassen sich natürlich auch Phanerophyten- und Hydrokryptophytensiedlungen wiedergeben. Ich begnüge mich aber hier damit, noch je ein Spektrum aus dem Bereich der Waldgrenze und aus der alpinen Stufe wiederzugeben und verweise im übrigen auf meine in Vorbereitung begriffene Monographie. Zunächst ein aus 27 Aufnahmen von 18 Siedlungen kombiniertes Diagramm: südexponierte, nach der Schneeschmelze feuchte, dann recht trockene Tälchen und Runsen auf kalkarmem Gestein in 1800—2300 m Höhe, für die *Agrostis tenella* besonders charakteristisch ist.

Hier, wo die apre Zeit auf 4—5 Monate beschränkt ist, zeigen nur wenige Arten eine Vegetationszeit von über drei Monaten. Der Vorfrühlings- und Spätherbstaspekt fehlen hier ebensogut wie der Hochsommeraspekt. Der Vollfrühling geht direkt in den Frühsommer und Frühherbst über. (Dem Vorfrühlingsaspekt gehören hier möglicherweise die unter dem Schnee sich entwickelnden „Chionochoren" an.) Besonders charakteristisch für diese lange starkem Schneedruck und -Schub ausgesetzten Standorte ist das Vorherrschen der Thyrsophyllen und Basithyrsophyllen, die im August als farbenprächtige „Hochstaudenfluren" erscheinen.

Man kann recht wohl auch vom farbigen Aussehen der Aspekte durch Kolorieren der Aspektbänder eine Vorstellung geben, was besonders für blütenökologische Untersuchungen vorteilhaft sein kann.

Zum Schlusse noch eine aus neun Siedlungsaufnahmen in 2180 bis 2700 m Höhe kombinierte Darstellung der Vegetation auf dem kalkgesättigten Humusboden an windgefegten und daher lang schneefreien Gräten und Gipfeln, die durch *Elyna myosuroides* charakterisiert wird. Die Vegetationszeit der meisten Arten beträgt hier nur noch zwei Monate. Infolge des mangelhaften Schneeschutzes sind die Chamaephyten wesentlich begünstigt.



1. Zwergsträucher und Chamaephyten.
   - *Rosa pendulina*
   - *Rubus idaeus*
   - *Vaccinium Myrtillus*
   - *Cotoneaster integerrima*
   - *Sempervivum tectorum*
   - *Helianthemum nummularium* ssp. *grandiflorum*
2. Hemikryptophyten.
   a) Poiodea.
   - *Poa nemoralis*
   - *Dactylis glomerata* u. *Festuca rubra* v. *commutata*
   - *Deschampsia flexuosa*
   - *Poa Chaixii*
   - *Agrostis tenella*

   b) Basiphylla.
   - *Peucedanum Ostruthium* u. *Centaurea Rhaponticum*

   c) Basithyrsophylla.
   - *Senecio Doronicum* u. *Valeriana tripteris*
   - *Silene vulgaris* und *nutans*
   - *Geranium silvaticum, Chaerophyllum Villarsii, Laserpitium Panax*
   - *Chrysanthemum Leucanthemum*
   - *Crepis conyzifolia*
   - *Ranunculus breyninus, Potentilla grandiflora, Trifolium pratense*
   - *Gentiana lutea* und *Knautia silvatica*
   - *Carduus defloratus* u. *Solidago virgaaurea* v. *alpestris*

   d) Thyrsophylla subterranea.
   - *Euphorbia Cyparissias, Lotus corniculatus*
   - *Satureja alpina, Galium pumilum* ssp. *anisophyllum*
   - *Sedum Anacampseros*

   e) Thyrsophylla sedentaria.
   - *Myosotis pyrenaica*
   - *Campanula Scheuchzeri* u. *rhomboidalis*
   - *Hieracium prenanthoides* u. *picroides*
3. Eugeophyta.
   - *Anthoxanthum odoratum*
   - *Paradisia Liliastrum*
   - *Lilium Martagon*
   - *Gentiana campestris*

VI
VII
VIII
IX
X
1. Chamaephyten.
Bryochamaephyten: Thamnolia vermicularis, Cetraria nivalis, Dicranum Mühlenbeckii, Bryum pendulum etc.
Selaginella selaginoides
Salix retusa v. serpyllifolia
Silene acaulis u. exscapa, Minuartia sedoides
Draba aizoides
Saxifraga Aizoon u. moschata
Thymus Serpyllum ssp. alpestris
Helianthemum alpestre
2. Hemikryptophyten.
a) Gräser.
Sesleria cœrulea
Poa alpina u. Avena versicolor
Agrostis alpina, Festuca Halleri u. pumila
Elyna myosuroides
Carex sempervirens
Carex atrata u. capillaris v. nana
Carex rupestris, ericetorum u. ornithopus v. alpina
b) Kräuter.
Anemone vernalis
Minuartia verna, Arenaria ciliata, Cerastium arvense ssp. strictum, Galium pumilum ssp. anisophyllum
Androsace obtusifolia u. Chamaejasme, Veronica aphylla, Taraxacum alpinum, Hieracium glanduliferum
Potentilla Crantzii, Hedysarum, Phaca frigida
Ligusticum simplex u. Hieracium glaciale
Gentiana Clusii, verna u. brachyphylla
Myosotis pyrenaica u. Veronica bellidioides
Antennaria carpathica u. Erigeron uniflorus
Aster alpinus u. Erigeron neglectus
Pedicularis verticillata
Scabiosa lucida u. Campanula Scheuchzeri
3. Eugeophyten.
Chamorchis alpinus u. Nigritella nigra
Botrychium Lunaria
Gentiana campestris u. Euphrasia minima
Gentiana tenella u. Sedum atratum

Damit schliesse ich diese Beispiele und füge nur noch bei, dass man alle besprochenen Siedlungen bequem auf einer Tagesexkursion besuchen und in fünfstündigem Aufstieg von der Grenze des Xerogeophytenklimas zu der des eigentlichen Chamaephytenklimas gelangen kann.

VI. Zur dynamischen Vegetationsforschung.

Die dynamische Vegetationsforschung, d. h. die Erforschung der Veränderungen, die die Vegetation, abgesehen von den jahreszeitlichen, durchmacht, ist so alt wie die Vegetationsforschung selber. Wie Clements in seinem Kompendium der Sukzessionslehre nachweist, hat bereits der Irländer King 1685 den Verlandungsprozess beschrieben; die Wandlungen der Moorvegetation sind schon im 18. Jahrhundert wiederholt untersucht worden, so von Degner 1729, Biberg 1749 u. a. Den Baumwechsel der Wälder scheint bereits Buffon 1742 gekannt zu haben, dann Dureau de la Malle 1825 u. a. Für die vorgeschichtliche Vegtationsforschung war die Mooruntersuchung von Steenstrup (1842) grundlegend. Die Geschichte der Sukzessionsforschung hat Clements (1916) so eingehend dargestellt, dass ein Hinweis darauf genügen mag.

Den eigentlicheu Begründern der Vegetationsforschung, Willdenow und Humboldt, war die dynamische Betrachtungsweise durchaus geläufig. Wie klar z. B. Willdenow die Bedeutung der Adnaten für die erste Besiedlung von Fels und Holz erfasst hat, mag folgendes Zitat lehren (1818, p. 507—8):

„Nackte Felswände, auf denen nichts wachsen kann, werden durch die Winde mit dem Samen der Flechten bedeckt, der im Herbst und Frühjahre, wo er zur Reife gedeiht, durch die zu der Zeit gewöhnlichen Staubregen zum Keimen gebracht wird. Er wächst aus und bekleidet mit seinem farbigen Laube den Stein. Mit der Zeit treiben Wind und Wetter feinen Staub in die rauhen Zwischenräume, auch setzen vergangene Flechten selbst eine dünne Rinde ab. Auf dieser kärglich ausgestreuten Erde können schon die durch Zufall dahin getriebenen Samen der Moose keimen. Sie dehnen sich aus und machen eine angenehme grüne Schichte, die schon zur Aufnahme kleinerer Gewächse geschickt ist. Durch das Vermodern der Moose und kleineren Pflanzen entsteht allmählig eine dünne Erdschichte, die sich mit den Jahren vermehrt, und zuletzt zum Wachstume verschiedener Sträucher und Bäume bequem wird, bis endlich nach einer langen Reihe von Jahren, da, wo ehemals nackter Felsen war, ganze Wälder mit den prächtigsten Bäumen besetzt, das Auge des Wanderers ergötzen ... Die Moose und Flechten verbessern auf ähnliche Weise den unfruchtbaren dürren Sand. Die eigentümlichen Gewächse dieses Bodens sind fast alle mit kriechenden, sich weit ausbreitenden Wurzeln versehen ... Durch solche Gewächse wird der Boden zur Aufnahme der Flechten und Moose geschickt gemacht, um dadurch endlich in gute tragbare Erde verwandelt zu werden. Die Moose überziehen die Stämme und Wurzeln der Bäume; sie haben die sonderbare

Eigenschaft, dass sie bey warmem Wetter vertrocknen, und durch Nässe wieder aufleben."

Humboldt (1807 p. 8) nahm ganz richtig an, dass ursprünglich ein grosser Teil von Deutschland mit Wald und Moor bedeckt gewesen war, und beschrieb die Veränderung der ursprünglichen Vegetation durch den Menschen.

Für Kerner war die dynamische Vegetationsforschung etwas ganz Selbstverständliches:

„Welcher Reiz liegt in dem Studium des Entwicklungsganges einer jeden Formation und in dem Verfolgen ihres Entstehens, ihres Werdens und Verschwindens. So wie jüngere Generationen des Menschengeschlechtes die älteren ablösen und auf den Errungenschaften der Väter weiter und weiter bauen, ebenso sehen wir auch hier Pflanzengeneration auf Pflanzengeneration im stetigen Zuge sich folgen. Im harten Kampfe mit den starren Elementen ergreifen die ersten Ansiedler Besitz von dem toten Boden. Schritt für Schritt dringen sie über den wüsten Gebirgsschutt oder über den Flugsand der Meeresebenen und Tiefländer vorwärts und überkleiden ihn mit einer spärlichen grünen Pflanzendecke. Und Jahre vergehen, bis dann eine zweite Generation auf dem zubereiteten Boden sich reicher und kräftiger entfalten kann; rastlos aber arbeitet die Pflanzenwelt, und baut ihr grünes Gebäude weiter und weiter; auf den Leichen untergegangener Geschlechter wurzeln die Keime anderer, jüngerer, neuerer Pflanzenformen, und so geht es fort in niemals ermüdendem Wechsel, bis endlich die schattigen Wipfel eines Hochwaldes über dem humusreichen Boden rauschen." (1863 p. 11—12).

Molendo (1865 p. 107—111) widmet dem „Vegetationswechsel" der Moose einen besonderen Abschnitt.

In Fennoskandien gelangte die dynamische Vegetationsforschung rasch zu hoher Blüte: die Arbeiten von Hult, Kihlman, Nilsson, Sernander u. a. zeichnen sich vor allem durch die gründliche Berücksichtigung der Kryptogamen aus.

Eine Unterscheidung verschiedener Sukzessionen hat wohl zuerst Warming (1895 und spätere Auflagen des Lehrbuchs) vorgenommen. Weiter ausgestaltet wurde diese von den amerikanischen „Ecologists", besonders von Cowles und Clements. Shelford u. a. haben diese Forschungsmethoden auch auf die Tierökologie angewandt. Shelford meint (1912 p. 352), in Amerika sei die Sukzessionsforschung deshalb in den Vordergrund getreten, weil hier noch mehr jungfräuliches Land als in Europa vorhanden sei, wo die starken Eingriffe des Menschen hindernd im Wege stehen. Meigen (1896) glaubt, dass die „Vegetationsgeschichte" aus demselben Grunde in Deutschland weniger betrieben worden sei als in Fennoskandien (Hult, Blytt, Norrlin, Wainio u. a.).

Wäre das richtig, so müsste die Sukzessionsforschung in der Schweiz (Stebler und Schröter, Früh und Schröter usw.) lebhafter betrieben worden sein als in Grossbritannien (Moss, Tansley, Crampton, Pallis usw.). Es ist aber eher umgekehrt. Mir

scheint einzig und allein die Initiative einzelner Forscher massgebend zu sein: Norrlin, Hult, Sernander in Fennoskandien, Davis, Cowles und Clements in Nordamerika. In der Schweiz ist nach verheissungsvollen Anfängen eine gewisse Stagnation in den Jahren 1907—1912 eingetreten, wohl infolge des starren Systems, in das die Pflanzengesellschaften gezwängt worden sind: vor lauter Statik blieb für die Dynamik nicht genügend Raum. Wir wollen es offen gestehen, dass es für uns Pflanzengeographen der Zürcher Schule nicht gerade erbauend ist, dass wir (vgl. Siegrist 1913, Furrer 1914) die „Sukzessionen" erst wieder von den Amerikanern übernehmen mussten, nachdem sie ein Clements in ein ebenso starres und schematisches System gezwängt hatte wie wir die Pflanzengesellschaften.

Dazu, dass ich hier der Sukzessionsforschung ein besonderes Kapitel widme, veranlasst mich das kürzlich erschienene Werk „Plant Succession" von Clements (1916), ein in mancher Hinsicht sehr verdienstvolles Handbuch, dass aber doch auch lebhaften Widerspruch erregen muss (vgl. die Besprechung von Tansley im Journ. of Ecology IV, 1916).

„Succession is the universal process of formation development", schreibt Clements. Ich möchte statt „Formationsentwicklung" „Vegetationsveränderung" sagen, denn einmal ist „Formation", wie das folgende Kapitel zeigen soll, ein Nomen confusum schlimmster Art, und auch mit dem Wort „Entwicklung" wird ein arger Missbrauch getrieben. Nilsson (1899) unterschied wie später Moss, Sernander u. a. zwischen „progressiven" und „regressiven" Vegetationsfolgen, d. h. solchen, die von Neuland einem Schlusstadium zustreben und solchen, die durch Störung eines Schlusstadiums entstehen. Wenn Clements diese von ihm nur unter andern Namen auch durchgeführte Unterscheidung mit der Begründung bekämpft, dass alle Sukzessionen progressiv seien, so läuft das auf einen blossen Wortstreit hinaus, das Wort „progressiv" verliert dann überhaupt jeden Sinn.

Neuerdings findet Clements, dass das Wort „Sukzession" nur für den „abstrakten Begriff" der Vegetationsveränderung angewandt werden solle, wogegen er für die einzelnen Entwicklungsreihen oder Serien das Wort „sere" aus dem lateinischen *series* und dem griechischen σηρά komponiert. (Überhaupt kümmert sich Clements nicht mehr um die von ihm 1902 aufgestellte Regel: All hybrids and all terms which violate the principles of word-formation in Greek and Latin are invalid.) Diese Unterscheidung ist unnütz, denn auch die angeblich „konkreten seres" setzen eine Abstraktion voraus. Clements

gibt den vortrefflichen in seinem Werk enthaltenen Photographien Unterschriften wie „Prisere", „Xerosere" usw., während doch eine Photographie stets nur simultane statische Verhältnisse darstellt und die sukzedanen Veränderungen daraus nur durch eine Abstraktion erschlossen werden können. Man muss sich nur hüten, allzu leichtfertig aus simultan entwickelten Stadien Serien, d. h. eben Sukzessionen, ableiten zu wollen. Von diesem Standpunkt vermag ich die neue Begriffscheidung nicht zu begrüssen. Überhaupt vergessen manche amerikanische Ökologen nur zu leicht, dass jeder dynamischen Untersuchung eine eingehende statische unbedingt vorausgehen muss: man kann auch nicht Physiologie und Ökologie ohne Morphologie betreiben.

Ferner unterscheidet Clements zwischen „seres" und „coseres". „A sere is a unit succession", sie führt vom Erscheinen der ersten Pioniere zum finalen oder „Klimax-Stadium". Dieses „climax-stage", meist als „Climax-formation" bezeichnet, führt in die ganze Betrachtungsweise ein recht hypothetisches Moment ein, das, so brauchbar es in gewissen Fällen ist, in andern zu ungerechtfertigtem Schematismus führt. Das gilt auch von der Zyklentheorie von Davis, deren heuristischer Wert damit nicht im geringsten geleugnet werden soll (vgl. Kap. VII 3 c).

Diesen Sukzessionseinheiten = „Seres" stellt Clements die am selben Ort sich wiederholenden Serien als „Coseres" gegenüber. In diesen tritt somit keine langdauernde Klimaxruhe ein, sondern es wird, z. B. bei Dünen und Mooren, jeder Klimax wieder durch dieselbe oder eine ähnliche Sukzession abgelöst. Die Coseres entsprechen dem, was Clements früher (1904 u. 5) als „anomalous successions" bezeichnet hatte. Mit dieser Scheidung wird das unsichere des Klimaxbegriffs im Prinzip eingestanden.

Damit eine Sukzession eintrete, müssen sich die Standortsbedingungen ändern. Die eine Sukzession auslösenden Faktoren nennt Clements „initial causes". Der ursprünglichste ist naturgemäss das Entstehen von besiedelbarem Neuland (bare area). Diesen Vorgang, mag er nun primär oder sekundär, durch Verwüstung schon vorhandener Siedlungen, sein, nennt Clements „nudation", er ist natürlich durchaus nicht für jede Sukzession erforderlich. „Im engsten Sinn gibt es vielleicht nur eine einzige allgemein Sukzessionen auslösende Ursache, nämlich Neuland, auf dem sich Pioniere ansiedeln können. Es ist etwas verwirrend, wenn nicht unlogisch, eine passive Fläche als Ursache zu bezeichnen, und deshalb wird dieses Wort später auf die aktiven Vorgänge und Kräfte angewandt, die das Neuland

schaffen." (Clements 1916 p. 34.) Unter diesen Ursachen unterscheidet er

1. physiographische: topographische (Abtrag, Ablagerung, Überschwemmung, Entwässerung, Hebung und Senkung), edaphische, die er mit Recht auf die andern Faktoren verteilt,
2. klimatische (Schaffung von Neuland durch Dürre, Wind, Schnee, Hagel, Frost, Blitzschlag, Klimawechsel),
3. biotische (Zerstörung vorhandener Vegetation oder Veränderung der Lebensbedingungen durch Lebewesen).

Damit das Neuland besiedelt werde (Oekese „ecesis" Clements), müssen sich die Ankömmlinge vereinigen („aggregation") und ausbreiten („migration"). Nach stattgehabter Besiedlung („ecesis") treten die Ansiedler unter sich in Wettbewerb („competition") und verändern ihrerseits die Standortsbedingungen („reaction"), bis allmählich ein Gleichgewicht eintritt („stabilization"), das im Idealfall zu einem Klimaxstadium führt.

Diese an sich berechtigten, aber recht heterogenen Begriffe, die in ähnlicher Reihenfolge schon Sernander (1892) angeführt hatte, „nudation, migration, ecesis, competition, reaction, stabilization", bezeichnet Clements als „basic processes" oder „functions of vegetation", eine Schematisierung, die man kaum wird billigen können.

Bezüglich der „Sukzessionsgesetze", die Warming (1895, 1909 p. 356, 1918 p. 930—931) und Clements (1904—7) aufgestellt haben, verweise ich auf die Originalarbeiten.[1]) Nur zum 4. der „allgemeinen Gesetze" von Clements sei etwas beigefügt. Es lautet: „Die normale Vegetationsfolge besteht aus 1. Algen, Pilzen und Moosen, 2. einjährigen und zweijährigen, 3. perennierenden Kräutern, 4. Sträuchern, 5. Bäumen." Das gilt durchaus nicht allgemein; sondern je nach der Beschaffenheit des Neulands und Klimas sind die Lebensformen der Pioniere und der späteren Sukzessionsglieder recht verschiedenartig. Im offenen Wasser sind die ersten Ansiedler Errante, auf Fels Adnate, auf losem Material besonders Radicante und zwar Kryptophyten. Kurzlebige Arten, mit stärkerer Verbreitungsfähigkeit, werden zumeist die ersten sein. Viele Kryptogamen können sich erst dann ansiedeln, wenn bereits ein Gehölz besteht.

Für die später zu behandelnde Frage, wie weit die dynamische Betrachtungsweise für die Einteilung der Pflanzengesellschaften in Betracht zu ziehen ist, muss festgehalten werden, dass die einzelnen

[1]) Schon Gremblich (1876) hatte versucht, allgemeine Gesetze für den „Formationswechsel" aufzustellen; es kommt ihnen aber nur sehr beschränkte Bedeutung zu.

Stadien ein und derselben Sukzession in der Regel aus verschiedenen Lebensformen bestehen, also abweichende „biologische Spektren" aufweisen.

Ebensowichtig ist die Feststellung, dass die Veränderung irgend eines direkten Standortsfaktors, sei er nun physikalisch, chemisch oder biotisch, eine Wandlung bewirken muss, sodass also aus jedem Stadium nicht nur eines oder wenige, sondern viele andere hervorgehen können, und dass andererseits sehr verschiedene Stadien ein und dasselbe hervorbringen können. Beispielsweise kann die alpine *Poa alpina*-Weide aus den verschiedensten natürlichen Hemikryptophyten- und Chamaephytengesellschaften durch Beweidung hervorgehen. Diese Tatsachen werden bei der Aufstellung von „Entwicklungsreihen" und der Verwertung derselben zur Klassifikation der Pflanzengesellschaften meist ausseracht gelassen oder zu wenig berücksichtigt. Beispiele von Sukzessionsschemata findet man unter anderm bei Sernander 1910, Tansley 1911, Siegrist 1913, Häyrén 1914, Clements 1916, Melin 1917 u. a.

Von den Versuchen, die Sukzessionen zu klassifizieren, hat derjenige von Cowles (1911) wohl bisher am meisten Anhänger gefunden. Er unterscheidet regionale, topographische und biotische Sukzessionen, und zwar ausschliesslich nach den auslösenden Ursachen. Bei den regionalen Sukzessionen sind in erster Linie die säkulären Klimaschwankungen auslösend, also auch grosse Hebungen und Senkungen der Erdkruste, Gebirgsbildungen und marine Transgressionen. Die topographischen Sukzessionen werden durch Abtrag und Ablagerung (erosion and deposition) von fliessendem Wasser, Schnee, Eis, Bodenbewegungen und Vulkantätigkeit hervorgerufen. Der Abtrag wirkt besonders destruktiv oder „retrogressiv", die Ablagerung konstruktiv oder „progressiv". Die für den Vegetationsforscher wichtigsten biotischen Sukzessionen werden allein durch die Tätigkeit von Lebewesen bewirkt. Sie spielen sich am raschesten ab, sind am leichtesten zu verfolgen und können auch experimentell studiert werden. „If in their operation, regional agencies are matters of eons, and topographic agencies matters of centuries, biotic agencies may be expressed in terms of decades" (Cowles 1911 p. 171). Gegenüber den biotischen Faktoren kann nicht nur das Klima, sondern auch die Topographie weiter Gebiete und grösserer Zeiträume als stabil betrachtet werden (ibid. p. 172). Im selben Klimazyklus können sich mehrere Erosionszyklen abspielen und „in einem Erosionszyklus können mehrere Vegetationszyklen sein; unter diesen gibt es solche von so kurzer Dauer, dass ihre exakte Verfolgung Jahr

für Jahr nicht nur eine Bestimmung der Sukzessionsrichtung ermöglicht, sondern auch eine Bestimmung der genauen Verlaufsweise" (ibid. p. 181).

Aus dem Umstand, dass die von Cowles unterschiedenen Zyklen ganz ungleichwertig sind, da sowohl einem klimatischen, als einem topographischen, als auch einem „biotischen" besondere Vegetationszyklen entsprechen, folgert Clements (1916 p. 172—173), dass die Einteilung von Cowles nicht haltbar sei. Seine Sukzessionen entsprechen drei grundverschiedenen Entwicklungsgraden, die „biotischen" stellen eine Entwicklungseinheit (sere) dar, die topograpischen eine Serie von solchen Einheiten (cosere), die klimatischen Sukzessionen eine Serie von coseres (clisere, eosere). Man dürfe nicht nach den Ursachen einteilen, sondern nur nach der Entwicklung selber. Die sogenannten „biotischen Sukzessionen" können durch Topographie, Klima, Eingriffe der Tiere und des Menschen bewirkt werden; ja letztere können auch „topographische Sukzessionen" hervorrufen, z. B. durch Verbauungen und Drainage. „The same sere or cosere may resulte from a number of different causes." Nicht nur bei den biotischen Sukzessionen spielen die Pflanzen mit, sondern bei allen durch die Beeinflussung der Standortsbedingungen (reaction), sonst würde überhaupt keine Sukzession eintreten. Menschen und Tiere dagegen wirken vorwiegend nur als „initial causes", so gut wie die Topographie, und haben wenig mit der „reaction" zu tun. Diese hängt von den wesentlich verschiedenen „ecesic or continuative causes" ab. Pflanzen können aber auch als auslösende Ursachen wirken, z. B. wenn Parasiten eine ganze Siedlung zerstören.

Dieser doppelte Gebrauch des Wortes „biotisch" hat bei vielen Autoren zu Missverständnissen geführt, wofür Clements Belege gibt. Beispielsweise nimmt Crampton (1911—12) nur scheinbar die Einteilung von Cowles an: seine „regionalen Sukzessionen" werden im Gegensatz zu denen von Cowles nur durch kleine und rezente Klimaschwankungen bewirkt, seine „topographischen" basieren nur auf lokalen topographischen Ursachen, nicht aber wie bei Cowles auf regionalen Erosionszyklen.

Sehr wertvoll scheint mir Cramptons Unterscheidung von Dauersiedlungen (stable or paleogeic formations) und Durchgangssiedlungen (migratory or neogeic formations). Schon Moss (1907a p. 12) unterschied „open or unstable associations" von „closed or stable associations". Eine offene Pflanzengesellschaft kann aber auch stabil sein und eine geschlossene labil. Die Unterscheidung Cramp-

tons[1]) scheint mir den wirklichen Sachverhalt richtiger wiederzugeben als die von Clements dafür eingetzten „climax and seral communities", die nur sehr grob, „roughly", wie Clements selbst sagt (1916 p. 174), damit übereinstimmen. Viele sogenannte „seral communities", wie manche Felshaftersiedlungen, können recht stabil sein, auch wenn sie durchaus keine „climatic climaxes" sind, sondern lediglich der Ausdruck für mehr oder weniger im Gleichgewicht stehende Standortsfaktoren, ob diese nun klimatisch seien oder nicht. Nichols stellt den „klimatischen Klimaxformationen" die „edaphischen" gegenüber. Stabile Pflanzengesellschaften, die aber, z. B. durch stetige Beeinflussung von Seite des Menschen, von dem „climatic climaxes" abweichen, nennt Clements „Subclimaxes"; als Beispiele führt er die Mehrzahl der Heiden und der amerikanischen Prairien an.

Auch Siegrist (1913) hat die Einteilung von Cowles unrichtig interpretiert. „Seine topographische Sukzession ist nach Cowles eine biotische" (Clements p. 174). Mit Bezug auf die „reaction" sind solche lokale Veränderungen notwendig „biotisch" und würden von Cowles als solche bezeichnet. Einen ähnlichen Irrtum wie Crampton und Siegrist hat nach Clements auch Dachnowsky (1912) begangen. Seine „klimatischen Sukzessionen" entsprechen zur Hauptsache den regionalen von Cowles, seine „edaphischen" sind aus topographischen und biotischen gemischt. Die Einteilung sei wie jede von den Ursachen ausgehende zu künstlich.

Braun und Furrer (1913 p. 19) unterscheiden „phylogenetische Sukzessionen", die im wesentlichen den regionalen von Cowles entsprechen, ferner die heute sich vollziehenden Sukzessionen, die im wesentlichen den biotischen von Cowles entsprechen und „successions artificielles", die den retrogressiven biotischen Sukzessionen von Cowles entsprechen. Damit erhalten die durch den Menschen bewirkten Sukzessionen eine Sonderstellung gegenüber den andern, was nach Clements nicht gerechtfertigt ist. Darin muss ich ihm beipflichten. Eine durch den Menschen bewirkte Trockenlegung eines Gewässers wirkt genau so wie eine solche durch Erdkrustenbewegung oder Verlandung. Eine künstliche Wegböschung oder ein Bahndamm ist für die Vegetation ebensogut Neuland wie ein durch Spaltenfrost oder andere physiographische Kräfte verursachter Erdrutsch. Wie Seite 309—310 ausgeführt wurde, kommen für die Vege-

[1]) Dieselbe führt auch Nichols (1917) durch: er spricht von „permanent and temporary associations".

tation nur die direkten (physikalischen, chemischen und biotischen) Faktoren, nicht aber die indirekten in Betracht.

Als Prinzipien zur Einteilung der Sukzessionen nennt Clements (1916): Entwicklung, Ursache, Ausgangsfläche und Klimax. „Reaktionen sind als Einteilungsprinzip nicht zulässig, da dieselbe Serie aus verschiedenen Reaktionen resultieren kann und da sehr verschiedene Serien dieselbe Reaktionsfolge aufweisen können." Einzig die Reaktion auf den Wassergehalt des Ausgangsareals dürfe benutzt werden, da sie die allgemeinste sei. Zur Haupteinteilung darf nur die Entwicklung selber, nicht aber die auslösende Ursache, benutzt werden. So kommt Clements zu folgender Einteilung, die sich im wesentlichen schon bei Sernander und Meigen, jedoch ohne besondere Benennungen findet:

Umschreibungen	Bezeichnungen von Clements 1904/5	Desgleichen 1916
I. Einfache Folgen	Successiones normales = Cyriodochae	Seres
1. Primärserien	Successiones primitivae = Protodochae	Priseres: Hydrosere (Halosere, Oxysere); Xerosere (Lithosere, Psammosere)
2. Folgeserien	Successiones secutae = Hepodochae	Subseres: Hydrosere, Xerosere
II. Zusammengesetzte Folgen	Successiones anomalae = Xenodochae	Coseres: Cliseres — Eoseres — Geosere

In seinem frühern System teilt Clements die Primärserien (priseres) nach den das Neuland schaffenden Faktoren in sieben Gruppen ein, deren mehr oder weniger griechische Namen man in seinem neuestem System schmerzlos vermisst; die Folgeserien (subseres) nach den teils physiographischen, teils biotischen Faktoren, die die Ablenkung der ursprünglichen Sukzession bewirken, in sieben weitere Gruppen, deren letzte, die Sukzessionen durch menschliche Tätigkeit (Brotium) wieder in fünf zerfällt (Sukzessionen durch Brennen, Roden, Bebauen, Entwässern und Bewässern). Mit Recht verzichtet Clements jetzt auf eine Einteilung nach diesen Faktoren. Innerhalb der Priseres und Subseres gruppiert er nach dem Wassergehalt der Ausgangsflächen, wie es vor ihm Cooper (1912 p. 198) tat. Dieser unterscheidet nass beginnende (hydrarche) und trocken beginnende

(xerarche) Sukzessionen. Innerhalb der hydrarchen (= Hydroseres) scheidet Clements weiter die mit salzigem Wasser (Haloseres) und die mit humussaurem Wasser (Oxyseres) aus, unter den xerarchen (Xeroseres) die Lithoseres auf Fels und die Psammoseres auf Kies und Sand.

Folgen mehrere „Seres", von denen jede mit einem Klimax endet, am selben Ort aufeinander, bezeichnet dies Clements als „Cosere", die durch Klimaschwankungen bedingten Serienreihen als „Cliseres". Die „Cliseres" einer geologischen Periode bilden ein „Eosere", alle diese zusammen das „Geosere". (Fehlen nur noch Namen für die entsprechenden Reihen anderer Planeten!) Als „Eoseres" unterscheidet er ein „Paleosere = Ptereosere", ein „Meseosere = Gymneosere" und ein „Ceneosere = Angeosere". Damit bekommt der Sukzessionsbegriff eine ganz ungebührliche Ausdehnung: diese Eoseres sind tatsächlich nicht Veränderungen in der Vegetation, sondern in der Flora. Wir müssen froh sein, wenn wir die Entwicklung der „Vegetation" bis ins Pliozän oder Miozän zurückverfolgen können. Schon da stossen wir auf grosse Schwierigkeiten, die im Mesophytikum und Palaeophytikum geradezu unüberbrückbar werden. Wir müssen zufrieden sein, wenn wir einigermassen die Flora vergangener Perioden rekonstruieren und aus deren oft recht unsicheren strukturellen Merkmalen und lithologischen Tatsachen einige Schlüsse auf das mutmassliche Klima ziehen können. Ihre Vegetation im eigentlichen Sinn werden wir wohl nie einigermassen zuverlässig erforschen können, weder statisch noch dynamisch. Die Veränderungen der jurassischen oder karbonischen Vegetation klassifizieren zu wollen, ist ein ebenso müssiges Unterfangen, wie wenn wir ein System der uns unbekannten palaeozoischen Bryophyten aufstellen wollten. Tatsächlich behandelt Clements in den betreffenden Kapiteln auch fast ausschliesslich die Entwicklung der Flora. Wo er fossile „Klimaxformationen" rekonstruieren will, verliert er sich in vagsten Spekulationen.

Die noch in ihrem Anfangsstadium befindliche Palaeo-Biocœnologie wird sich für die neue Terminologie von Clements bedanken: sie vermag eher von weitern Forschungen abzuschrecken als solche zu fördern. Wir dürfen nie vergessen, das nur das dynamisch zu erforschen ist, dessen Statik uns genau bekannt ist.

Die Glieder einer Sukzession sind entweder in regelmässiger Anordnung neben- oder übereinander entwickelt („Zonation" Clements) oder sie bilden ein unregelmässiges Mosaik („Alternation" Clements). Unter den Zonen unterscheidet Clements neben den gewöhnlichen

oder „edaphischen" (z. B. Verlandungsgürtel der Gewässer) auch „klimatische" oder „Climax zones" (z. B. Höhenstufen.) Er sagt jedoch selber: „Direct evidence of successional relation of climax zones, such as is universal for edaphic zones, is not abundant" (1916, p. 114). Jedenfalls beruht solch „klimatische Zonation" stets nur auf säkulären Sukzessionen und kann daher bei den meisten Untersuchungen gleich diesen ausser Betracht gelassen werden.

Ohne einstweilen weiter auf die Systeme von Clements und anderen Autoren einzutreten, schlage ich folgende Einteilung der Sukzessionen vor, die für den praktischen Gebrauch wohl genügen dürfte:

I. Säkuläre Sukzessionen (= regionale + topographische Sukzessionen von Cowles = anomale Sukzessionen von Clements zum grössten Teil = geologische Sukzessionen von Nichols). Diese können nur in den seltensten Fällen direkt erforscht werden, indirekt z. B. durch stratigraphische Untersuchung von Torfmooren. Von der Ermittlung von Klimaschwankungen sehe ich hier ab (vgl. Seite 358). Wie auch Clements ausdrücklich sagt, sind unter den Ursachen dieser Sukzessionen klimatische und topographische Faktoren, ja auch biotische, unentwirrbar vermengt. Da man zudem nur selten in den Fall kommt, säkuläre Sukzessionen zu untersuchen, erachte ich jede weitere Einteilung für überflüssig.

II. Lokale Sukzessionen (= biotische + topographische p. p. von Cowles = normale Sukzessionen + Coseres p. p. von Clements = contemporane Sukzessionen von Nichols). Sie allein sind, auch nicht immer, der direkten Erforschung zugänglich. Die beiden Hauptabteilungen von Clements, die Primärserien und Folgeserien, die u. a. schon Warming (1896 p. 350) auseinandergehalten hat, sind durchaus berechtigt. Es kommt darauf an, ob eine Sukzession auf wirklichem Neuland beginnt oder aus irgend einem Stadium einer Primärserie sich entwickelt.

1. Primärserien. Das Fortschreiten dieser Sukzessionen (es sind die „progressiven" der nordeuropäischen Autoren) wird durch die Tätigkeit der Vegetation selber („reaction" Clements) bewirkt, indem jedes Stadium sich selber die Weiterexistenz verunmöglicht und ein folgendes vorbereitet, bis endlich ein mehr oder weniger stabiles Dauerstadium erreicht wird. Zur weitern Einteilung der Primärserien scheint mir der Wassergehalt des Ausgangsareals allein nicht genügend, auch Clements zieht ja noch mechanische und chemische Faktoren hinzu. Auch scheinbar ganz xerophytische Serien können „hydrarch" sein. Hieher gehören die Serien der „Felsen-

vertiefungen", die z. B. Häyrén (1914) beschreibt. Im Wallis fand ich (Gams 1916), dass sich in kleinen Vertiefungen zwischen den sonnverbrannten Rundhöckern der Südhänge im Winter Regenwasser ansammelt, in dem Algen und Wasserinsekten eine Humusschicht bilden, in der sich in der sommerlichen Trockenzeit radicante Xerophyten als „Exochomophyten" ansiedeln. Nach der Terminologie von Clements müsste man das ein „Hydrosere" nennen. — Als bester Ausdruck für sämtliche Faktoren des Ausgangsareals erscheint die Lebensform der Pioniere. Man könnte danach Primärserien unterscheiden, die mit Plankton beginnen, solche, die mit Nereïden beginnen, mit Epipetren, Geophyten usw. Für ganz ungeeignet halte ich jede Einteilung nach dem Endstadium, da dieses meist ein höchst unsicherer Begriff ist.

2. Folgeserien (= Subseres Clements, hieher alle „retrogressiven Sukzessionen"). Es ist meines Erachtens weniger wichtig, welche Einflüsse die Primärserien stören, als die Art ihrer Wirkung, ob diese stetig oder plötzlich ist. Da ich ferner auf die Klimaxstadien kein so grosses Gewicht legen kann wie die Amerikaner, rechne ich auch einige der „Coseres" von Clements hieher, nämlich diejenigen, die durch periodisch wechselnde Faktoren hervorgerufen werden, sofern diese Perioden nur wenige Jahre oder Monate dauern. Durch in vieljährigen Perioden wechselnde Faktoren bewirkte Sukzessionen stelle ich zu den säkulären.

a) Folgeserien, hervorgerufen durch das stetige Eingreifen äusserer, nicht rhythmischer Faktoren = normale Folgesukzessionen. Hier geht aus einer Gesellschaft eine mit dieser nächst verwandte hervor, solange bis eine Dauergesellschaft erzielt wird, die mit den wirkenden Faktoren im Gleichgewicht steht, gleichgültig ob diese nun klimatisch, topographisch (wie bei Hebungen und Senkungen) oder biotisch sind. Wenn man will, kann man nach den die Folgesukzession auslösenden Faktoren weiter einteilen. Als Beispiele radicanter Folgesukzessionen nenne ich die Entstehung der Mähwiesen, Weide- und Lägerrasen (vgl. z. B. Stebler und Schröter, Schröter 1908). Als Beispiele adnater Folgegesellschaften seien die Vogelsitzplätze genannt (vgl. Seite 346), auf denen die ursprünglich rein autotrophen Flechten und Moose durch weitgehend saprobe Flechten verdrängt werden. Auch unter den erranten Gesellschaften kenne ich völlig entsprechendes: Besonders lehrreich sind die kleinen Weidetümpel der Alpen. Auf kalkhaltigem Boden entstehen hier aus Zygnemalentümpeln durch die Düngung die sogen. „Blutseen" mit *Euglena sanguinea* (vgl. Klausener 1908). In kalkarmem Wasser, wo ich diese Sukzession

direkt verfolgen konnte, werden die im reinen Wasser herrschenden *Desmidiaceen* durch die Düngung völlig vertrieben und durch *Chlamydomonaden* und grüne *Euglenen*[1]), besonders *Euglena intermedia,* ersetzt. Auch die Folgen der Verschmutzung von Seen und Flüssen durch städtische und industrielle Abwässer sind hieher zu zählen (vgl. Kolkwitz und Marsson, Thienemann 1918, Steinmann und Surbeck 1918).

b) Folgeserien, hervorgerufen durch das plötzliche Eingreifen äusserer nicht rhythmischer Faktoren = katastrophale Folgesukzessionen. Bei „Katastrophen" ändert sich die Gesamtökologie sprungweise, was zur Folge hat, dass eine bestehende Pflanzengesellschaft rasch von einer mit ihr nicht nächstverwandten abgelöst wird. Hieher gehören die durch vulkanische Ausbrüche, Erdbeben, Lawinen, Muhrgänge, Bergstürze ausgelösten Sukzessionen ebensogut wie die durch Brände, Kahlschlag, plötzliche Entwässerung oder Überschwemmung verursachten, soweit nicht durch diese Eingriffe wirkliches Neuland entsteht, auf dem dann Primärserien beginnen. Hiezu einige im Wallis beobachtete Beispiele[2]):

Durch die im Herbst 1915 erfolgte Stauung des Lac de Fully (von 2129 auf 2137 m Meereshöhe) wurde das vornehmlich aus *Rhododendron* und *Juniperus montana* bestehende Zwerggesträuch am Ufer überflutet und zum Absterben gebracht. Infolge der Lösung organischer Stoffe vermehrten sich verschiedene saprobe Flagellaten und Ciliaten, wohl auch Bakterien, stark, was wiederum eine Vermehrung der Planktonkrebse zur Folge hatte.

Im April 1917 wurde der Grundwasserspiegel des Sarvaz-Gebietes in der Rhoneebene (vgl. Gams 1916) durch einen Kanal um mehrere Meter gesenkt, so dass zahlreiche Wasserpflanzengesellschaften trockengelegt wurden und zahllose Anodonten und Fische zugrunde gingen. In wenigen Monaten haben sich an Stelle der *Potamogetonen* und Amphiphyten zahlreiche terrestrische Moose und Ruderalpflanzen eingefunden, und bald war der Grossteil der trockengelegten Fläche von Sämlingen der Bäume und Sträucher des Auenwaldes übersät. Heute werden $^2/_3$ der Fläche von Feldern eingenommen.

Infolge der vermehrten Tätigkeit der Aluminiumwerke von Chippis wurden in den beiden letzten Jahren ausgedehnte Föhren-

[1]) In Schweden soll dagegen nach Naumann (1914) *Euglena sanguinea* im „Kulturplankton" der kalkarmen Teiche die grünen Arten vertreten.

[2]) Über katastrophale Sukzessionen in Tierbeständen vgl. Doflein 1914 und Thienemann 1918.

wälder durch die Rauchgase in kürzester Zeit vernichtet, wogegen sich eine triviale Unkrautflora unter den entnadelten Föhren ausbreitet. Für diesen menschlichen Eingriff, der in seiner Wirkung durchaus mit der Vergiftung durch Fumarolengase zu vergleichen ist, hat nicht einmal Clements bisher einen Namen erfunden! Bei einer Klassifikation der katastrophalen Sukzessionen müsste man nur nach der direkten Wirkung einteilen, unbekümmert darum, ob der Mensch die mittelbare Ursache ist oder nicht.

c) Folgeserien, hervorgerufen durch periodischen Wechsel der äusseren Faktoren = rhythmische Folgesukzessionen[1]). Solche spielen sich vielfach innerhalb einer „Klimaxformation" ab, z. B. in einem Hochmoor. Über den rhythmischen Wechsel von Bülten und Schlenken vgl. man Nilsson (1899), L. v. Post und Sernander (1910), Cajander (1913) und Melin (1917). Solche Sukzessionen innerhalb einem „Climax" scheint Clements ganz zu vernachlässigen. Besonders schöne rhythmische Sukzessionen zeigen die Epixylen und Endoxylen innerhalb eines Waldes. (Wie hilflos Clements diesen gegenübersteht, zeigt seine Behandlung der „cryptogamic societies" 1916 p. 133). Eine Periode beginnt mit dem Aufwachsen eines Baumes und endet mit der völligen Vermoderung des Stammes. Die Erstbesiedlung erfolgt durch autotrophe und parasitische Adnate, auf die dann, mit dem Absterben der Rinde, immer mehr Saprobien folgen, adnate sowohl als radicante und errante. In den feuchten subalpinen Wäldern erscheint dann ein gewaltiges Heer von moderbewohnenden Pilzen und Myxogasteres, Algen (wie *Mesotaenium* und besonders die zu den Flechten überleitende *Botrydina),* Flechten (wie *Parmelia ambigua, Cladonia digitata, Icmadophila ericetorum),* von Bryophyten beispielsweise *Georgia pellucida, Buxbaumia indusiata, Aneura palmata, Blepharostoma trichophyllum,* von Erranten Myriapoden, zahlreiche Milben, Spinnen, Käfer, Schnecken usw. Zuletzt werden diese Arten durch vorwiegend autotrophe Radicante ersetzt.

Ferner sei hier auf die mehr den Physiologen als den Vegetationsforschern bekannten oft sehr rasch verlaufenden Sukzessionen auf Mist hingewiesen, wie die bekannte Besiedlungsfolge von frischem Rossmist: *Mucor — Pilobolus — Coprinus — Ascobolus — Sordaria — Hypocopra,* die sich in wenigen Wochen und Monaten abspielt, während das in feuchten Klimaten Kuhmist besiedelnde *Splachnum sphaericum* nach meinen Beobachtungen erst im zweiten Jahr Sporogone bildet.

Bei den rasch verlaufenden Rhythmen verwischen sich die Grenzen zwischen Sukzession und Aspektfolge. So versteht Harvey (1908)

[1]) Nilsson (1899) sprach in diesem Fall von „Zirkulation".

unter „Floral Succession" nichts anderes als die Aspektfolge. Wer ein arides Gebiet zur Zeit des praevernalen Kryptophytenaspekts besucht hat, erkennt dieselben Siedlungen in der sommerlichen Trockenzeit nicht wieder. Auf den trockenen Wegrändern der Südhänge des Unterwallis dominieren im Vorfrühling *Poa annua, Erophila, Erodium Cicutaria* und andere Xerogeophyten. Im Mai erscheint dieselbe Fläche vielfach von einem lückenlosen Teppich von *Sclerochloa dura* überzogen, die scheinbar eine eigene Gesellschaft darstellt. Während der Sommerdürre und im Herbst ist von *Sclerochloa* kaum mehr etwas erkennbar, dafür erscheint ein ebenso reiner Teppich von *Polygonum aviculare* ssp. *aequale*. An weniger getretenen Orten ist der Vorfrühlingsaspekt derselbe, er wird im Frühsommer durch einen lückenlosen Teppich von *Cynodon Dactylon* abgelöst. Ich sehe auch hierin nur verschiedene Aspekte derselben Gesellschaft; man könnte aber auch mit gewissem Recht von rhythmisch sich ablösenden Gesellschaften sprechen.

Ähnlich verhält es sich mit den subalpinen Fettwiesen, mit ihrem durch *Crocus,* im Wallis auch durch *Bulbocodium* markierten Vorfrühlingsaspekt. Im Erstfrühling herrschen auch noch Eugeophyten, in der Waadt und im Tessin vielerorts *Narcissen,* anderwärts Orchideen, im Unterwallis besonders *Orchis sambucinus* und *pallens;* etwas später webt da und dort *Paradisia* einen schneeweissen Blütenteppich. Rasch werden diese Arten von *Trisetum flavescens* und einem bunten Hemikryptophytenteppich abgelöst, auf den nach der Mahd im August wieder Eugeophyten wie *Euphrasien* und stellenweise *Colchicum alpinum* folgen.

Auf übernutzten Weiden derselben Gebiete beginnt der Reigen mit *Crocus, Gagea lutea* und *fistulosa,* es folgen *Taraxacum* und *Bellis perennis,* hierauf *Cynosurus, Festuca rubra, Carum Carvi,* zuletzt *Agrostis tenuis* und *Prunella vulgaris.* Wenn, wie in diesen Fällen, die Vertreter der einzelnen Aspekte ihre Dauerorgane in verschiedener Bodentiefe haben, spricht Woodhead (1906) von einer „complementary association".

Besonders dort gehen Sukzessionen und Aspektfolgen ineinander über, wo der Wassergehalt des Bodens sehr starke Periodizität zeigt. In dem Seite 384 dargestellten Grenzgürtel der Grundwasserquellen von Dorénaz herrschen im Vorfrühling sonst als Xerogeophyten bekannte Annuelle, wie *Erophila.* Zu Beginn der Schneeschmelze in den Alpen steigt das Grundwasser und es blühen *Taraxacum paludosum* und *Ranunculus reptans.* Im Sommer liegt der Boden hier bis einen Meter unter Wasser, zu *Ranunculus flaccidus* var. *paucistamineus*

gesellen sich *Potamogetonen*, und es erscheint ein nicht an Arten, aber an Individuen reiches Plankton (besonders *Phacotus lenticularis* und *Diaptomus denticornis*), dazu als Nereïden verschiedene epiphytische Algen.

Ähnlich ist man versucht, auch die jahreszeitliche Planktonperiodizität als eine rhythmische Sukzession aufzufassen[1]), doch möchte ich auch hier lieber von verschiedenen Aspekten derselben Gesellschaften sprechen. Eine ähnliche Auffassung bezüglich der Aspekte vertritt auch Clements, wenn er z. B. (1916 p. 116) schreibt: „In general, the herbaceous societies bloom and give character to the different layers in the order of height, so that the seasonal development recapitulates in some degree the succession of life-forms."

Da Clements stets das Hauptgewicht auf die „Climax-formation" legt, so kommen bei ihm die rhythmischen Sukzessionen, die gewissermassen zwischen seine Subseres und Coseres fallen, zu kurz. Wo regelmässig rhythmische Sukzessionen wie in Hochmooren eintreten, ist es um den Klimaxbegriff überhaupt bös bestellt. Da besonders gilt der Satz von Nichols (1917) „that vegetation can never attain a condition of equilibrium".

Wie weit die Sukzessionen zur Gliederung der Pflanzengesellschaften benutzt werden dürfen, wird im folgenden (Kap. VII 3c) besprochen.

VII. Die Einheiten der Vegetation.

Die Einheiten der Vegetation sind in so verschiedener Weise gefasst und benannt worden, dass derjenige, der sich nicht einer Autorität oder Schule anschliesst, sich einem eigentlichen Chaos gegenübersieht. Das Hauptübel ist das, dass dieselben abgegriffenen Namen für ganz verschiedene Begriffe gebraucht werden und dass jeder Autor glaubt, seine Begriffe seien die allein zulässigen; statt dass man einmal versuchen würde, die überhaupt in Betracht kommenden Begriffe nebeneinander zu stellen und gesondert zu benennen.

Über die Geschichte dieser Begriffe oder richtiger dieser Begriffsverwirrung ist schon viel geschrieben worden, z. B. von Flahault und Schröter (1910), Moss (1910), Rübel (1913), Warming (1915), Clements (1916). Nur einige der hauptsächlichsten Auffassungen möchte ich besprechen, ohne irgendwie Vollständigkeit anzustreben. Diese ist

[1]) Thienemann (1918) stellt geradezu die Aspektfolgen der Gewässer als „zyklische Veränderungen" den „säkulären" gegenüber, unter denen er aber auch vorwiegend lokale Sukzessionen versteht.

Begriffsgruppen	1. Konkrete Einheit	2. Abstrakte Einheit	3. Unterabteilungen der abstrakten Einheiten	4. Höhere abstrakte Einheiten
I. Einheiten der Flora und Fauna.				
A. Taxonomische: Sippen	Individuum	Spezies	ssp., var. etc.	Genus, Familia etc.
B. Ökologische	Wuchsform	Lebensform		Lebensformenklasse
C. Epiontologische	—	Element	Subelement	Floren- u. Faunen-Gruppe
II. Einheiten d. Vegetation: Gesellschaften				
A. Topographische (biocœnologische)				
a) statische				
α) innerhalb eines Floren-(Faunen-) Distrikts	Siedlung	Biocoenose		
β) innerhalb mehrerer oder aller Floren-(Faunen-) Gebiete . . .	—	Isocœnose		Hauptisocœnose Vegetationstypus
b) dynamische	Stadium	Sukzession (Serie)	α Durchgangscoenose β Dauercoenose	Zusammengesetzte Sukzession
B. Ökologische (synusiologische)				
α) innerhalb eines Floren-(Faunen-) Distrikts		Synusie	Facies	
a) Vereinigung von Individuen nur einer selbständigen Art	Bestand	Synusie 1. Grades		
b) Vereinigung von Individuen mehrerer selbständiger Arten mit gleicher Gesamtökologie	Bestand	„ 2. „	Facies (Subassoziation)	
c) Vereinigung von Individuen zahlreicher Arten zu einer ökologischen Einheit	Siedlung	„ 3. „ (=Assoziation s. str.)		
β) innerhalb mehrerer oder aller Floren-(Faunen-) Gebiete	—	Isœcie		Hauptisœcie

schon dadurch unerreichbar, dass sich die Mehrzahl der Autoren keine klare Rechenschaft über die von ihnen benutzten Begriffe geben, oder dass sie im praktischen Gebrauch sich nicht an die von ihnen gegebenen Definitionen halten.

1. Übersicht über die in Betracht kommenden Begriffe.

Bei der umstehenden synoptischen Übersicht berücksichtige ich ausser den Einheiten der Vegetation auch solche der Flora, da für diese zum Teil dieselben Namen gebraucht worden sind und manche Autoren (z. B. Cowles, Moss, Samuelsson) die Einheiten der Vegetation mit denen der Flora verglichen haben. Ich verwende hier sogleich einige neue Termini, die ich später begründen werde.

2. Homonyme.

Um zu zeigen, in wie verschiedenem Sinn dieselben Namen gebraucht worden sind, und um die Aufstellung neuer Namen für einzelne Begriffe zu rechtfertigen, gebe ich für einzelne der am häufigsten gebrauchten Namen an, für welche Begriffe sie von verschiedenen Autoren gebraucht worden sind. Ähnlich wie in Kap. I bediene ich mich zur Bezeichnung der Begriffe der Ziffern und Buchstaben der vorstehenden Tabelle. Aus den schon angegebenen Gründen kann ich dabei keinerlei Vollständigkeit anstreben.

Vegetation wird von der grossen Mehrzahl aller Autoren in dem von Thurmann definierten allgemeinsten Sinn gebraucht, von Warming (1895 und 1902) und Flahault (1900) auch im engeren Sinn von II (A a + B) α 1.

Pflanzengesellschaft wird nach dem Vorschlag von Schröter (1902) meist ganz allgemein für jede Vegetationseinheit gebraucht, von Kupffer (1909) dagegen nur für II A α 2.

Ähnlich ist es dem gleichbedeutenden community im Englischen ergangen, das auch vorübergehend von Clements (1905) enger gefasst worden ist, und zwar als II B α a 1.

Genossenschaft wurde von Kerner (1888) und Drude (1888 und später) für II B α 2 gebraucht, dagegen von Schimper (1888 und 1898) für die unselbständigen Lebensformen (Lianen, Epiphyten, Saprophyten, Parasiten) und von Höck (1895) für Florenelement (I C 2). Umgekehrt bezeichnet Rikli (1911) die Lebensformen als „biologische Elemente".

Am schlimmsten ist es dem Wort **Formation** ergangen. Von Vegetationsformation sprach bekanntlich zuerst Grisebach 1838 und

zwar im Sinn von II A a (1—4). In wesentlich demselben Sinn wurde das Wort z. B. von Schimper (1898), Raunkiaer 1909, Kupffer (1909), ferner im romanischen Sprachgebiet und in Amerika (z. B. Pound und Clements 1898, Ganong 1903, Harshberger 1905; Olsson-Seffer 1905) benutzt. Kerner (1863) und Gradmann (1909) brauchten das Wort im Sinn von II (A a + B) α (1—3), ähnlich auch Stebler und Schröter (1892) und Weber (1892). Einen wesentlich engeren Begriff, II A a (1 + 2), bezeichnet die „Formation" von Hult (1881), die auch von Vahl (1911) und Kupffer (1913) übernommen worden ist. Die „Algenformationen" von Kjellman (1878) entsprechen zur Hauptsache II A a α (1 + 2), die von Börgesen (1905) II A a (α + β) 4. Warming und Flahault sträubten sich lange gegen die Annahme dieses Namens. So schreibt Flahault 1900: „Ne sachant à quelle opinion me rallier et quelle signification donner à ce mot, je ne l'ai jamais employé; j'ai pu m'en passer sans peine. Nous demandons que les phytogéographes prennent un parti, mais qu'en attendant, ils ne nous parlent de formations qu'en nous disant exactement ce qu'ils entendent par là." Das ist klar und ehrlich. Ähnlich drückt sich auch Warming noch 1902 aus. „La notion de formation n'est pas en odeur de sainteté en France", bezeugt Pavillard (1912). Um so bedauerlicher ist es, dass sich diese Autoren dennoch späterhin zur Annahme dieses unglückseligen Namens entschlossen haben, und zwar wiederum für neue Begriffe, wodurch die Verwirrung nur noch heilloser wurde. Auch Massart (1907) lehnt das Wort als missverständlich ab.

Der heute in Europa am häufigsten als „Formation" bezeichnete Begriff ist II (A + B) β (2 + 4), nach dem Vorgang von Schröter 1902 (P. Jaccard 1902, Brockmann 1907, Warming 1909—15, Flahault und Schröter 1910, Ramaley 1910, Rübel 1911, Braun und Furrer 1913, Drude 1916, Samuelsson 1916 u. a.).

Dynamische Kriterien verwandten zuerst Beck (1884 und 1902) und Drude (1888—90), ihre Formation entspricht gleich der „Assoziation" von Braun (1915) den „stable formations" von Crampton (1911) = II A b 3 β, wovon die „Climax-formation" von Clements u. a. nur einen Teil ausmacht[1]). Die Formation von Ganong (1903) und Moss (1907—10), die auch von Tansley (1911) und seinen Mitarbeitern akzeptiert wurde, ist dagegen nichts anderes als die

[1]) Einen wesentlich weiteren Formationsbegriff (II A 4) hat Nichols (1917), seine „edaphischen" und „klimatischen Formationen" umfassen durch gemeinsame, vorwiegend edaphische oder vorwiegend klimatische Faktoren verbundene Biocœnosen.

Sukzessionseinheit (II A b 2). Ganz aberrante „Formationsbegriffe" vertreten Pavillard (1912: II (A + B) 1) und Negri [1914: II (A a + B) β (1—4)]. Schliesslich wird „Formation" vielfach, besonders in den romanischen Sprachen, als gleichbedeutend mit „Pflanzengesellschaft" gebraucht.

Diese keineswegs erschöpfende Liste dürfte wohl genügen, um meine Ansicht zu rechtfertigen, dass dieses „nomen confusum" nicht länger gebraucht werden sollte, womit natürlich gar nichts gegen die Berechtigung der verschiedenen damit bezeichneten Begriffe gesagt sein soll!

Entsprechend ist auch Subformation recht verschieden gebraucht worden, so von Weber für II (A a + B) α 3, von Schröter und Warming für II A a α 2. Formationsklasse entspricht bei Drude (1888 u. 1890) II A a 4, bei Brockmann und Rübel (1912) II (A a + B) β 4.

Nicht viel besser als der Formation ist es der **Assoziation** ergangen. Zum erstenmal wurde das Wort anscheinend von Humboldt 1807 für eine Pflanzengesellschaft gebraucht, nur ganz gelegentlich, und zwar für II B α (1 + 2), was heute zumeist als „Bestand" bezeichnet wird. Diese Auffassung vertreten heute vorwiegend Kryptogamenforscher, z. B. Ostenfeld (1903), Jonssón (1912), Schorler (1914), Häyrén (1914), aber auch W. G. Smith (1904). Mehrfach wird II A a α 1—3 als Assoziation bezeichnet, so von Flahault (1893—1901), Rob. Smith (1895—1905), Cajander (1903), Börgesen, Cowles, Nichols u. a. Pound und Clements (1898—1900, Clements 1904) verstanden darunter II (A a + B) α (1 + 2). Die grösste Anhängerschaft hat heute unzweifelhaft der Begriff II (A a + B) α 2, der von Schröter (1902) als „Bestandestypus" oder Assoziation bezeichnet worden ist (Warming 1906—15, Brockmann und Rübel, Braun und Furrer, Flahault und Schröter, Ramaley, Drude 1916, Samuelsson 1916 u. a.). Von abweichenden Assoziationsbegriffen seien genannt: II (A a + B) α 3 (Jaccard 1902, Morton 1915), II A a α 4 (Blanc 1905), II (A + B) a α 1 (Pavillard 1905, Hardy 1905), II (A + B) 2 + 4 (Pavillard 1912), II B α c (Pethybridge und Praeger 1903), II A b 3 (Moss 1910), II A b 3 β pp. (Clements 1916). Die Assoziation von Braun (1915) ist eine eigentümliche Kombination aus II B α c 2 und II A b 3 β, sie steht derjenigen von Clements näher als der von Schröter. Lecoq (1855) bezeichnete als „associations" u. a. auch die Aspekte[1]), Čelakovsky 1869 und Loew (1879) die Floren-

[1]) Ähnlich auch manche Planktologen, z. B. Le Roux 1909.

elemente (I C_2). Neuerdings glauben die meisten Autoren, es genüge, wenn sie das Wort „Assoziation" für einen der „Formation" untergeordneten Begriff verwenden, wie es z. B. Harshberger (in Flahault und Schröter 1910) fordert. Mit Recht wendet sich Raunkiaer (1912) gegen diese „Mode": „Ich sehe keinen Grund, das Wort „Assoziation" für einen der Formation untergeordneten Begriff zu verwenden, der eine bloss floristische Verschiedenheit ausdrücken soll; da diese Verwendung des Namens „Assoziation" von der unbewiesenen und in der Regel falschen Voraussetzung ausgeht, dass ein Unterschied in floristischer Hinsicht nicht zugleich ein Ausdruck für Verschiedenheit in den Lebensbedingungen sei[1])."

Der Bestand ist bei Schouw (1822), Kerner (1863) und Hult (1881) = II B α 1 + 2, bei Drude (1888—90) und Höck = II A a α 1 + 2, bei Stebler und Schröter (1892), Schröter (1902) und Cajander (1903—9) = II (A a + B) α 1 + 2, bei Kupffer (1909) = II (A a + B) α 1, bei Samuelsson (1916) und Du Rietz (1917) = II A a α 1 = Ortbestand von Drude = Einzelbestand von Schröter.

Das von Warming 1895 eingeführte „Plantesamfund" oder Pflanzenverein = II B α 2 übersetzte Cowles (1899) mit society, und im selben Sinn wandten auch Livingston, Transeau u. a. das Wort an. Pound und Clements (1898—1900) brauchten es dagegen für II B α b 1 + 2, welchen Begriff Clements (1916) durch Einführung des dynamischen Prinzips weiterspaltet (vgl. Seite 426). Nach der Definition des britischen Komitees (in Flahault und Schröter) und von Tansley 1911 (p. 12) ist society = II B α a 1 + 2, von Moss (1910) wird es meist für II B α (a + b) 1—3 gebraucht, ähnlich auch von Shantz, Ramaley, Vestal u. a.

Diese unerquickliche Liste mag das Wort Facies beschliessen, das in der Vegetationsforschung zuerst für II A a α 2 + 3 gebraucht wurde (J. R. Lorenz 1863, Schimper 1898, Börgesen 1905), dann für II (A a + B) α 3 (Drude 1894—1916), Schröter 1902, Cajander 1903, Brockmann 1907, Du Rietz 1917). Ausserdem wurde es gebraucht für II A a α 2 (Blanc 1905), II B α (a + b) 2 (Schade 1912). Bei Tansley (1911) bedeutet Facies geringfügige Schwankungen innerhalb der Einheiten, „where there is no definite segregation of distinct communities, but the vegetation varies in

[1]) Es ist überhaupt sonderbar und bedauerlich, wie zäh sich die Gegenüberstellung von ökologischen und floristischen Einheiten in der Literatur erhält, wogegen die viel berechtigtere in ökologische und topographische nur selten vorgenommen wird.

character". Der Vorschlag von Pound und Clements, die „Hauptarten" der Vegetation als „facies" zu bezeichnen, wurde von Clements später mit Recht zurückgezogen.

3. Diskussion der hauptsächlichen Begriffe.

a) Die synökologischen Einheiten.

Wir gehen zweckmässigerweise von der absoluten Vegetationseinheit aus: der einzelnen Lebensform oder richtiger Wuchsform, welcher Begriff sich nicht mit dem des Individuums deckt, das im Lauf der Zeit ganz verschiedene Wuchsformen aufweisen kann.

Durch Vereinigung mehrerer gleicher Lebensformen, die praktisch fast stets derselben Art angehören, entstehen kleine Gruppen, die Clements (1905) als Familien bezeichnete. 1916 braucht er das Wort nur noch für derartige kleine Gruppen aus Individuen einer Art innerhalb der ersten Besiedlungsstadien (seral units) auf Neuland. Wenn solche aus mehreren Arten gebildet werden, so nennt er sie „colonies" und entsprechende Einheiten innerhalb der Dauerstadien „clans". Um Verwechslungen mit der „Familie" der Taxonomie vorzubeugen, verstümmelt er die „family" zu „famile". Da ich aus noch zu erörternden Gründen eine Scheidung in „Seral units" und „Climax units" ablehnen muss, möchte ich vorschlagen, solch kleine Gruppen oder Herden, wenn man sie überhaupt benennen will, mit dem in der Ethnologie bereits eingebürgerten Wort Clan zu belegen. Meist wird man aber auch ohne dieses auskommen.

Drude (1890 u. 96) und Pound und Clements 1898—1900) haben Haupt- und Nebenarten unterschieden. Eine grössere Vereinigung von Individuen einer Hauptart (primary species) hatten Pound und Clements (ebenso Harvey 1908) „facies", eine solche aus Nebenarten (secondary species) „patch" genannt. 1905 unterschied Clements zwischen Gesellschaften, in denen eine Hauptart dominiert (consocies) und solchen, in denen eine Nebenart dominiert (community). Shantz hatte 1905 die Bezeichnungen von Clements gebraucht, 1911 ersetzte er „consocies" durch „association". Clements spaltet 1916 die „consocies" in die „consociations" innerhalb der Dauerstadien und in die „consocies" innerhalb der Durchgangsstadien. An Stelle der „community" setzt er in den Dauerstadien die „society", in den Durchgangsstadien die „socies".

Meines Erachtens genügt ein einziger Name für alle diese Einheiten. Es handelt sich im wesentlichen um den „Bestand" im ursprünglichen Sinn (II B α a meiner Tabelle). Ein Schilfbestand ohne dominierende Weiden verdient wohl keinen anderen Namen als ein solcher unter *Salix alba,* jenen würde Clements als „Socies",

diesen als „Associes" bezeichnen. Eine Callunaheide (Reinbestand von *Calluna vulgaris)* müsste, falls sie für sich als „Climax" oder „Subclimax" auftritt, eine „Consociation", wenn sie unter Föhren auftritt, eine „Society" sein. Clements sagt (1916 p. 134) ausdrücklich, dass solche Rangveränderungen häufig sind: „A consociation may appear to be a society, or even a clan. A society may assume the appearance of a consociation, or on the other hand, may likewise be so reduced as to resemble a clan."

Auch die Unterscheidung von Haupt- und Nebenarten erachte ich mit Bezug auf die Einheiten für durchaus überflüssig. Bei der Benennung und Einteilung der Bestände hat sie natürlich ihre Berechtigung: man wird nicht jeden Hexenring in einem Tannenwald gesondert benennen. — Vordem hatten Pound und Clements geschrieben: „Superfine analysis of the floral covering of the earth in a multitude of formations of all possible degree of value would entirely destroy the worth of the formation as phytogeographical concept", und möglichste Sparsamkeit im Gebrauch von Fachwörtern empfohlen. Seit 1902 denkt Clements offenbar anders.

Ausgedehntere Bestände von Individuen nur einer Art treten selten für sich allein auf. Häufiger finden sich Vergesellschaftungen verschiedener, aber in ihrer Ökologie ähnlicher Arten, die stets unter gleichen Bedingungen gesetzmässig verbunden auftreten (II B α b). Meist treten aber auch solche Gruppen aus nach Lebensform und Aspektfolge übereinstimmenden Arten nicht für sich allein auf, sondern in grösseren Verbänden: es sind zwei oder mehrere solcher Gruppen oft auch mit solchen niederen Ranges (Clans) zu nächsthöheren Einheiten verbunden, die sich dadurch wesentlich von den vorgenannten unterscheiden, dass ihre Komponenten verschiedenen Lebensformen und meist auch verschiedenen Aspekten angehören, somit verschiedene Lebensräume einnehmen, sich aber auf demselben Standort gewissermassen ergänzen („complementary association" von Woodhead 1906) und eine festgefügte ökologische Einheit bilden (II B α c).

Diese dreierlei ökologischen Einheiten, die der Formel II B α entsprechen, sind rein ökologisch, nicht aber notwendig topographisch begrenzt. Es sind dies die „Bestände" von Hult, die „Genossenschaften" von Drude und Engler, die „plantesamfunder" oder „Vereine" von Warming, die „societies" von Cowles[1]). Hieher ge-

[1]) Der vorwiegend ökologische Charakter dieser Einheiten wird vielfach verkannt. So erklärt Nichols (1917) die „consociations" und „societies" für „floristic and not ecological units", wogegen er die topographischen Einheiten für „ökologisch homogen" erklärt!

hören auch die von Stebler und Schröter (1892—97) und Weber (1892) unterschiedenen „Wiesentypen", die „Heidetypen" von Graebner (1895), die „Waldtypen" der Schule Norrlins (Cajander u. a.). Meist werden heute diese Einheiten als „Assoziationen" bezeichnet. Da aber dieses Wort nicht nur für II B α, sondern ebensohäufig auch für II A a α gebraucht wird, so schlage ich für diese Einheit des synökologischen Vegetationssystems (vgl. Seite 298), um Missverständissen vorzubeugen, die Bezeichnung Synusie vor. Sie ist lediglich eine griechische Übersetzung von „Assoziation", die aber kürzer und noch gar nicht missbraucht ist. Ich unterscheide:

Synusien 1. Grades = Gesellschaften von Pflanzen oder Tieren, deren selbständige Komponenten derselben Lebensform und innerhalb desselben Distrikts derselben Art angehören. Schon Lorenz (1858) hat diese Einheit ausgeschieden und als „Komplex" bezeichnet.

Synusien 2. Grades = Gesellschaften, deren selbständige Komponenten verschiedenen Arten derselben Lebensformenklasse und wesentlich derselben Aspektfolge angehören. Sie entsprechen im wesentlichen den „Kombinationen" von Lorenz.

Synusien 3. Grades = Gesellschaften von Pflanzen und Tieren, deren selbständige Komponenten verschiedenen Lebensformenklassen und Aspektfolgen angehören, die aber durch feste Korrelationen zu einer ökologischen Einheit auf einem einheitlichen Standort verbunden sind. Für diese hat Lorenz als erster die Bezeichnung „Typus" eingeführt.

Es ist aber nicht erforderlich, dass auf demselben Standort nur eine Synusie für sich allein auftrete, da es sich ja um eine ökologische, nicht um eine topographische Einheit handelt. „Selbständige Komponenten" nenne ich solche, die nicht als Lianen, Parasiten, Symbionten usw. an die Anwesenheit anderer gebunden sind, als „gleichartige oder kompetitive Kommensalen" im Sinne Becks (1902), „klimatisch-edaphische Haupttypen" im Sinne Schröters (1902). Sie bilden also „Associationes contiguae" (Clements 1904 p. 15) im Gegensatz zu den „Associationes mutuae" (= Genossenschaften Schimpers).

Innerhalb eines Föhrenwaldes gehören demnach zur selben Synusie 1.° ausser *Pinus silvestris* auch die darauf angewiesenen *Viscum* und Prozessionsspinnerraupen (*Cnethocampa*), nicht aber der die Stämme bekleidende *Stereodon cupressiformis*, der ebensogut auch auf Gestein oder Erde gedeiht. Andererseits bildet die beispielsweise im Unterwuchs bestandbildende *Calluna* mit *Vaccinium vitis idaea, Hypnum Schreberi* und *Cladina*, also lauter selbständigen Chamaephyten, einer-

seits, mit den zugehörigen parasitischen und Mykorrhiza-Pilzen andererseits eine Synusie 2.°. Rechnet man noch die anderen Lebensformenklassen angehörenden *Deschampsia flexuosa* und *Melampyrum pratense,* die sich beigesellen mögen, dazu, so entsteht eine Synusie 3.°. Es hätte keinen Sinn, beispielsweise für obligate Parasiten eigene Synusien aufstellen zu wollen.

Ich möchte das Wort Synusie in erster Linie für die abstrakte ökologische Einheit gebraucht wissen, wogegen man jedes einzelne Vorkommnis, das eine solche repräsentiert, am besten als Bestand bezeichnet. Ursprünglich bedeutete dieses Wort insbesondere „Individuen" von Synusien 1. und 2.°. Will man Verwechslungen mit anderen Anwendungen von „Bestand" vermeiden, so mag man mit Drude, Warming und Schröter von „Orts- oder Einzelbeständen" sprechen. Diese Namen sind freilich auch für „Individuen" der topographischen Einheiten gebraucht worden, die ich nach Kupffers Vorschlag als „Siedlungen" bezeichne. Bestände könnte man demnach als Siedlungen ökologischer Einheiten definieren; doch lege ich kein grosses Gewicht auf diese Unterscheidung. Will man das Wort Assoziation beibehalten, so möchte ich es auf die Synusien 3.° beschränkt wissen, für die es auch bisher am häufigsten gebraucht worden ist.

Unter seinen „Societies" und „Socies", die zusammen mit den „consociations" und „consocies" meinen „Synusien" entsprechen, unterscheidet Clements dreierlei:

1. „Aspect societies" und -„socies", die, besonders in Wiesen, sich durch einen gemeinsamen Aspekt auszeichnen.
2. „Layer societies", die den von Hult unterschiedenen Schichten entsprechen und sich im wesentlichen durch gemeinsame Lebensform auszeichnen.
3. „Cryptogamic societies", zu denen Clements sehr verschiedenartige Synusien von Adnaten, Bryochamaephyten und Heterogeophyten zusammenfasst, mit denen er infolge ungenügender Gliederung ihrer Lebensformen nichts rechtes anzufangen weiss.

Dass die „Aspect societies" und „Layer societies" meiner Definition der Synusien 1.—2.° genügen, dürfte einleuchten, ebenso, dass sie, wie auch Clements sagt, nicht scharf auseinanderzuhalten sind. Verschiedene Synusien 1.—2.° können sich nur durch ihre Lebensformen (im engern Sinn) oder nur durch ihre Aspekte oder beides zusammen (Lebensformen im weitern Sinn) unterscheiden.

Hult verfährt bei der Schichttrennung zu schematisch. Die blosse Unterscheidung nach der Grösse mag innerhalb seines be-

schränkten Untersuchungsgebietes und für ganz natürliche Siedlungen genügen.

Kupffer (1913) fügt zu den Schichten Hults[1]) (Hoch- und Niederwaldschicht, Gebüschschicht, höhere, mittlere und niedere Feldschicht, Bodenschicht) noch eine „eigentliche Boden- oder Wasserschicht" hinzu, in die einerseits die sämtlichen Kryptophyten (wenigstens in ihren Überdauerungsorganen) und andrerseits das Edaphon und Plankton gestellt werden. Es ist zu deutlich, dass jede natürliche Unterscheidung von „Vegetationsschichten" auf eine solche von Lebensformen hinausläuft, dass also die Schichten nichts anderes als Synusien sind. (Vgl. Seite 419).

Können alle Lebensformen in gleicher Weise Synusien bilden? Eine Synusie 1.° zu bilden vermag zweifelsohne jede überhaupt gesellig auftretende Art, sei sie nun pflanzlich oder tierisch, die nicht als Parasit oder Helot an eine andere fest gebunden ist. Beispielsweise kann man getrost einen Schwarm von *Culex* als Synusie 1.° bezeichnen, obwohl es sich um Parasiten handelt, die aber nicht mit ihren Wirten fest verbunden sind. Ebenso vermögen gesellig auftretende Saprobien, seien sie nun adnat, wie *Sphaerotilus*, oder radicant, wie Pilzmyzelien, oder errant, wie *Polytoma uvella*, Synusien zu bilden. Zum Begriff der Synusie gehört, dass ihre Komponenten eine ökologische Einheit bilden, die nicht ohne weiteres, innerhalb desselben Distrikts, durch andere ersetzt werden kann. Eine solche Einheit muss aber nicht notwendigerweise für sich allein vorkommen, sondern kann mit andern zu einer topographischen Einheit verbunden sein.

Synusien 2. oder 3.° heterotropher Organismen sind selten. Solche Arten können wohl mit einander am gleichen Standort leben, sind aber meist nicht durch feste Korrelationen verbunden. Nicht alle „Biocœnesen" im Sinne von Möbius, Dahl u. a. sind daher Synusien. Als Synusien 2.° kann man beispielsweise die Kolonien der Ameisen mit ihren Symbionten, Heloten und Parasiten bezeichnen, ferner die öfters zu wohlcharakterisierten Gesellschaften vereinten Mist- und Aaskäfer und die Gesellschaften der Austerbänke. Unter den „Allobiocœnosen", d. h. Tiergesellschaften auf anorganischem Substrat, können beispielsweise die sich unter Steinen ansammelnden Insekten und Myriapoden[2]) eigentliche Synusien 2.° bilden, ebenso die Seite 356 erwähnte hypochione Fauna. (Vgl. auch Crampton 1913 und Shelford 1912—14.)

[1]) Eine ähnliche Schichteinteilung hat bereits Lecoq 1854 vorgenommen.

[2]) Vgl. z. B. die Abbildung bei Doflein 1914 p. 184.

Im Plankton sind Synusien 1.° sehr häufig: jede in Menge auftretende Art bildet eine solche. Synusien 2.° sind hier schon viel seltener. Vielleicht gibt es solche überhaupt nur in kleinern Gewässern, wo z. B. im Autoplankton der Moortümpel gewisse *Euastrum*- und *Micrasterias*-Arten regelmässig im Verband mit *Eremosphaera viridis* auftreten, gewisse alpine *Staurastrum*-Arten mit *Pediastrum tricornutum*. Im Plankton grösserer Gewässer kann man kaum von Synusien 2. oder gar 3.° sprechen, wenn auch manche Arten, wie die Wasserblüte bildenden Cyanophyceen und die Planktonkieselalgen meist in Mehrzahl auftreten. Sie zeigen aber meist verschiedene Maxima, stimmen also in ihren Aspekten nicht oder nur wenig überein. Wohl kann jede Planktonart mit ihren Parasiten, Kommensalen und Epibionten eine Synusie 1.° bilden, aber diese vereinigen sich zu einer mehr topographischen als ökologischen Einheit. Es besteht daher der Satz zurecht, dass jedes Gewässer mit Bezug auf sein Plankton eine ganz ausgeprägte Individualität besitzt, dass nur höchst selten zwei Seen in ihrem Plankton übereinstimmen (Forel 1901 p. 239—241).

Wenn Shelford (1912) von einer „*Rana sylvatica*-Assoziation" spricht, die den Buchenahornwald der Oststaaten der Union charakterisiere, so kann das höchstens eine Synusie 1.° sein. Wahrscheinlich handelt es sich aber nur um „Clans" wie bei der grossen Mehrzahl aller Wirbeltiervorkommnisse. Viele der „communities" Shelfords sind dagegen echte Synusien. Auch die „abhängigen Lebensformen" kann man nur zu Clans vereinigen, will man sie nicht den zugehörigen selbständigen Synusien zuteilen.

Im Gegensatz zu den Erranten sind die meisten Adnaten und Radicanten, besonders die autotrophen, zur Bildung ausgeprägter Synusien befähigt.

Da eine Synusie 2.—3.° erst durch Untersuchung zahlreicher möglichst übereinstimmender Bestände durch Abstraktion erkannt werden kann, ist ihre Umgrenzung zum guten Teil subjektiv. In erster Linie muss die gesamte Artenliste massgebend sein, was z. B. Brockmann (1907) und besonders eindringlich Gradmann (1909) dargelegt hat: „Ein methodischer Grundfehler wäre es zu glauben, man könne sich die Herstellung der vollständigen Artenliste ganz ersparen und lediglich auf dominierende oder auch auf Leitpflanzen die Formation begründen". Und zwar genügen vielfach die Arten nicht; Moss fordert mit Recht auch die Berücksichtigung „kleiner Arten" und Abarten. Wer daher nicht über genügende floristische und faunistische Kenntnisse verfügt, der verzichte von vornherein auf derartige Untersuchungen.

Es sind aber doch nicht alle Arten gleichwertig. Während einzelne Arten in ihren Standortsansprüchen sehr anpassungsfähig (eurytop) sind und daher in sehr verschiedenen Gesellschaften auftreten können (Formationsubiquisten Brockmanns), sind andere, lange nicht immer dominierende, auf wenige oder eine einzige beschränkt (stenotop). Es sind die schon von Grisebach (1838) und Drude (1890 u. 96) unterschiedenen Charakterpflanzen. Ihre Bedeutung hat besonders klar J. Braun (1913—18) erkannt, wenn er auch durch zu weite Fassung seiner Assoziationen die Benutzung der Charakterpflanzen ungerechtfertigten Angriffen ausgesetzt hat. Man darf die Charakterpflanzen nur in derselben Synusie suchen, nicht aber in einer andern mit ihr mehr oder weniger lose verbundenen (vgl. Seite 449—51). In den Synusien 1.° ist natürlich die einzige selbständige Art zugleich Charakterart, wogegen es in denen 2.—3.° mehrere Charakterarten geben kann, aber durchaus nicht muss; es können auch lauter „eurysynusische Arten" (um ein von Dr. Rübel vorgeschlagenes Wort zu brauchen) durch konstante und feste Gruppierung eine wohl definierte Synusie bilden. Braun scheint mir daher zu weit zu gehen, wenn er von jeder „Assoziation" fordert, sie müsse eine oder mehrere Charakterarten aufweisen[1]). Auch der von Braun und Furrer (1913 p. 4) vertretenen Meinung, dass die Charakterarten erst auftreten, wenn eine „Assoziation" stabilisiert ist, vermag ich nicht beizupflichten: auch sehr vergängliche Synusien können ihre Charakterarten haben. So findet sich *Geranium bohemicum* fast ausschliesslich auf frischen Brandstellen und Schlagflächen in feuchten subalpinen Wäldern (vgl. Briquet 1914). Auf Brandstellen bilden in Nordamerika wie in Europa die im Einzelnen eurysynusischen Arten *Funaria hygrometrica* und *Marchantia polymorpha* zusammen mit gewissen Ascomyceten eine wohlcharakterisierte Synusie.

Synusien, die in ihrer floristischen Zusammensetzung wesentlich abweichen, wird man getrennt behandeln, unbekümmert um die Ursachen, durch welche diese Unterschiede bedingt sind. Wir müssen vielmehr zunächst diese Ursachen als unbekannt voraussetzen, werden sie doch vielfach erst aus den Verschiedenheiten der Flora erschlossen. Moss ist im Unrecht, wenn er glaubt, man könne die „Assoziation" statt durch die volle Artenliste nur durch den Standort umgrenzen. Die gleichen Unterschiede im Kalkgehalt des Bodens können in einem Fall, z. B. bei alpinen Geröllhalden, Synusien von ganz verschiedener Zusammensetzung erzeugen, die daher getrennt zu behandeln sind,

[1]) Dieselbe Forderung hat auch Dahl für die Tiergesellschaften aufgestellt.

während z. B. in Fettmatten die meisten Arten als „bodenvag" den verschiedenen Böden gemeinsam sind.

Entstehen dermassen häufig wiederkehrende Unterschiede, die nur einen kleinern Teil der Artenliste betreffen, so wird man innerhalb der Synusie weitere Gruppen ausscheiden. „Solche leichte quasi vertauschbare Nüancierungen, lokale Abänderungen sollen mit Drude als „Facies" bezeichnet werden („Nebentypen" bei Stebler und Schröter, „Subformation" bei Weber). Im Französischen dürfte sich der in dieser Sprache von der Geologie her eingebürgerte Ausdruck „Facies" ebenfalls empfehlen." (Schröter 1902 p. 71). Wohlverstanden handelt es sich für uns hiebei wie bei den Synusien nur um Unterschiede innerhalb desselben Florendistrikts. Es fallen somit die geographischen „Rassen" (Subtypen von Schröter 1902, Facies von Brockmann 1907, Varieties of associations von Warming 1909, Races régionales von Braun und Furrer 1913) nicht unter diesen Begriff, die „Höhenglieder" oder „échelons altitudinaux" (Braun und Furrer) nur insoweit, als der floristische Unterschied gering bleibt, ebenso die Substratvariationen (Braun und Furrer, =Paratypen von Schröter 1902, = edaphische Varietäten von Warming 1915). Diesen Kategorien gegenüber bemerkt Du Rietz (1917), dass diese verschiedenen Abweichungen von der Synusie, die er „Assoziation" nennt, zu geringfügig seien, um eine getrennte Bezeichnung zu rechtfertigen. Ich schliesse mich seinem Vorschlag an, alle diese Abarten als Facies zu bezeichnen. „Rein prinzipiell dürfte das auch vom streng induktiven Standpunkte aus das richtigste sein, da die Ursachen in der Verschiedenheit der Bestände nicht von Einfluss auf deren Benennung sein dürfen, die lediglich nach dem den Beständen eigenen Charakter erfolgen soll" (Du Rietz). Vielfach ist man ja gar nicht im Stand anzugeben, worauf eine solche Abweichung beruht. Hat man die Ursachen erkannt, so kann man sie durch Bezeichnungen wie „Kalkfacies", „Düngerfacies" usw. zum Ausdruck bringen. Wenn man die Synusien 3.° als „Assoziationen" bezeichnen will, mag man deren Facies als „Subassoziationen" benennen[1]).

Es ist anzunehmen, dass jede Synusie (aber bei weitem nicht jeder Einzelbestand!) eines Floren- oder Faunendistrikts einem ganz bestimmten Komplex von Standortsfaktoren entspricht. Diese

---

[1]) Braun-Blanquet (1918 p. 12) bezeichnet als „Subassoziationen" solche Abweichungen vom Assoziationstypus, die „konstante qualitative (floristische) Unterschiede aufweisen", als „Facies" solche, „die bloss quantitative Unterschiede besitzen". Ob eine solche Unterscheidung wünschbar und praktisch durchführbar ist, bleibe dahingestellt.

sind möglichst genau zu erforschen. „It cannot be denied that the superficiality of much ecological work is due to the neglect of investigation of habitat conditions" (Moss). Verändert sich irgend einer der direkten Faktoren schrittweise, so geht die Synusie ebenso allmählich in eine nächstverwandte über. Solcher Übergänge gibt es soviele, als jeder Faktorenkomplex selbständig variierende Faktoren enthält, und mit ebensovielen Synusien ist daher eine jede nächstverwandt. Ich bezeichne diese Fäden, die gewissermassen jede Synusie mit ihren Verwandten verbinden, als Affinitäten, im Gegensatz zu den Korrelationen, die einerseits die einzelnen Arten innerhalb derselben Synusie verbinden („interdépendance des organismes" Massart), und die andrerseits verschiedene nicht nächstverwandte Synusien zu topographischen Einheiten verbinden. Als Ausdruck des Affinitätsgrades zweier Synusien desselben Distrikts kann der „Gemeinschaftskoeffizient" dienen, der angibt, wieviele der in beiden enthaltenen Arten beiden gemeinsam sind (P. Jaccard 1902).

Da die Ermittlung der Affinitäten allein die natürliche Verwandtschaft der Synusien eines Gebietes feststellen lässt, so sind die meist nur als unbequeme Störung empfundenen „Übergangsbestände" („Mictium" Clements, nicht zu verwechseln mit Mosaiken nicht verwandter Synusien!) von ganz hervorragender Wichtigkeit.

Wesentlich andere Beziehungen bestehen zwischen den Synusien eines Floren- und Faunendistrikts zu denen eines andern. Wenn alle Standortsbedingungen in beiden Fällen dieselben sind, was wohl möglich ist, so werden auch die Lebensformen und Aspekte in beiden Fällen dieselben sein, die Artenliste wird aber je nach der Entfernung und der Geschichte jedes Ortes mehr oder weniger verschieden sein. Solche Synusien, die den gleichen Haushalt, die gleiche Gesamtökologie aufweisen, aber infolge ihrer geographisch geschiedenen Lage eine abweichende Artenliste, bezeichne ich als Isöcien. Isöcien gibt es naturgemäss nur innerhalb verschiedener Gebiete. Monographen kleinerer Gebiete haben daher mit diesem Begriff viel weniger zu tun als solche grosser oder Bearbeiter der Vegetation der ganzen Erde. Isöcien sind zur Hauptsache die „Vereinsklassen" von Warming, die er leider später als „Formationen" bezeichnet hat. Sehr zu Unrecht ist dieser sehr berechtigte Begriff von Moss, Clements u. a. angefochten werden. Moss versteigt sich sogar dazu, dem Brüsseler Kongress zu empfehlen, Warmings Definition der „Formation" zu ignorieren! (1910 p. 127). Es ist gar kein Vorwurf, wenn z. B. Clements diesen Begriff einen „Fächerschrank" (pigeon-hole) nennt,

in den „physiognomische Assoziationen" aus allen Ecken der Erde zusammengesteckt werden.

Die Feststellung der Isöcien ist eine hochwichtige Aufgabe der Vegetationsforschung, die allerdings erst dann mit wirklichem Erfolg in Angriff genommen werden kann, wenn die Synusien verschiedener Gebiete nach ihrer quantitativen Zusammensetzung aus Lebensformen und Aspekten besser erforscht sein werden, als es heute der Fall ist. Beispielsweise ist die *Festuca vallesiaca*-Synusie des Wallis wahrscheinlich völlig mit derjenigen Ungarns isöcisch, der Buchenahornwald (nur die Baumsynusie!) der östlichen Unionsstaaten mit dem europäischen Buchenwald, der kalifornische Chaparral mit der korsikanischen Macchie usw. Nicht nur Dauersynusien der verschiedensten Gebiete können dermassen zu Isöcien vereint werden, sondern auch Durchgangssynusien. Bisher sind aber höchstens die in topographischen Einheiten dominierenden Synusien soweit bekannt, dass man an die Aufstellung von Isöcien gehen kann.

Da die Isöcien nur durch Abstraktion aus den selber abstrakten Synusien gewonnen werden können, hat es keinen Sinn, weitere Unterabteilungen oder Facies davon zu unterscheiden. Wohl aber kann ihre Zusammenfassung zu höheren Einheiten oder „Hauptisöcien" wünschbar sein, wenn es gilt, die Vegetation grösserer oder kleinerer Gebiete übersichtlich zu gliedern. Dass das ebenso wie die Benennung der Isöcien nur auf der Grundlage der Lebensformen geschehen kann, wird das nächste Kapitel zeigen (VII 4 a).

Zu den Isöcien gehören sowohl die geringfügigen „geographischen Rassen" als auch nach Artenlisten grundverschiedene Synusien.

Man wird mich fragen, warum ich in meiner Begriffsübersicht bei den ökologischen Einheiten nicht wie bei den topographischen zwischen statischen und dynamischen unterscheide. Der Begriff „Sukzession" ist eben schon topographisch. Die Synusien derselben Sukzession sind ökologisch ganz verschieden. Homologe Stadien verschiedener Sukzessionen sind oft untereinander näher verwandt als die Glieder derselben Sukzession, wenigstens der Ökologie nach. Das ist der Grund, warum so einseitige Anhänger der topographischen Einheiten wie Moss und Clements kein Verständnis für die ökologischen Einheiten Warmings aufbringen können. Übrigens ist jede ökologische Einteilung an sich schon dynamisch (vgl. Seite 298): „Ecology is a study in dynamics" (Cowles).

b) Die topographisch-statischen Einheiten.

Wenn auch das schon von Humboldt und Schouw gebrauchte Wort „Assoziation" in gewissem Grad der Synusie, also der öko-

logischen Einheit, entspricht, und Grisebachs „Formation" als erste allgemeine Bezeichnung der topographischen Einheit jünger ist, verhält es sich doch mit den beiden Begriffen umgekehrt. Tatsächlich wurden zuerst nur solche ökologische Einheiten erkannt und benannt, die zugleich auch topographische sind: „Les bruyères, cette association de l'*Erica vulgaris,* de l'*Erica tetralix,* des *Lichen icmadophila* et *haematomma* . . ." (Humboldt 1807). Diese Heiden sind zugleich eine „Formation" in Grisebachs Sinn.

Der von Grisebach als „Formation" benannte Begriff ist uralt: er war schon dem prähistorischen Jäger geläufig, wenn er Wälder, Sümpfe, Weiden usw. unterschied, und erst recht den antiken Botanikern. Der topographische Formationsbegriff ist, wie Moss ausführt, direkt aus dem Standortsbegriff hervorgegangen: „Whilst the general habitat of the early systematics has become the formation of the plantgeographer, it has been the species-station of the taxonomist." Die Pineta, Ericeta usw. bei Linné (1745) sind durchwegs topographische Einheiten, allerdings solche, in denen eine Synusie 1.—2.° dominiert. Die Endung *-etum* für derartige Einheiten ist in den romanischen Völkern bis heute lebendig geblieben, neben der gleichbedeutenden lateinischen *-aria,* die sich in den westschweizerischen Dialekten meist als *-ère* oder *-ire* erhalten hat. Diese Endungen hängt das Volk selbst an vorlateinische Namen an, wie an das keltische *verne* = *Alnus: vernaie,* oder an das vielleicht noch ältere *drausa: drounire* in Salvan = *Alnetum viridis, daillai* in der Westschweiz = *Pinetum silvestris* usw. Es sind dies aber stets topographische Einheiten, in denen die betreffende Synusie 1.° dominiert.

Dass das Wort Formation nicht länger gebraucht werden sollte, glaube ich genügend begründet zu haben. Als Ersatz dafür bezeichne ich die topographische Einheit als Lebensgemeinschaft oder Biocœnose. Eine Biocœnose umfasst die gesamte auf einem einheitlichen Ausschnitt der Biosphäre (einen Standort, nicht einen Wurzelort!) enthaltene Vegetation im weitesten Sinn. Das Wort wurde durch den Tiergeographen Möbius in Berlin 1877 eingeführt und seither wohl ausschliesslich von Tierökologen benutzt, z. B. von Dahl, Enderlein, Bäbler, Shelford, Hesse, Doflein, Thienemann u. a., und zwar für Tiergesellschaften von recht ungleichem Rang[1]), öfters von dem der Synusie (z. B. bei Bäbler 1911; Shelford be-

[1]) Möbius brauchte das Wort zunächst für tierische Synusien vom 1. Grad, später auch im Sinn von „Standort". Thienemann (1918) unterscheidet Biocœnosen erster, zweiter, dritter Ordnung usw., die teils ökologischen, teils topographischen Einheiten entsprechen.

zeichnet die Synusie als community). Den Standort in meiner Fassung bezeichnet Enderlein als „Biosyncœcie".

Berücksichtigt man nur die pflanzliche Bewohnerschaft eines Standorts, so mag man von Phytocœnosen sprechen, wenn nur die tierische, von Zoocœnosen. Damit sollte jede Verwechslung mit dem ursprünglich als „Biocœnose" bezeichneten Begriff fortfallen.

Tatsächlich besteht die Lebewelt einer topographischen Einheit fast stets aus mehreren, öfters zahlreichen pflanzlichen und tierischen Synusien vom 1. bis 3. Grad (der durchaus nicht immer erreicht wird[1]), dazu aus mehr oder weniger zahlreichen pflanzlichen und tierischen Einzelindividuen und „Clans", die von den verschiedensten Lebensformen sein können. Eine Behandlung der Zoocœnosen ohne Berücksichtigung der Phytocœnosen geht kaum an, aber auch bei ausschliesslicher Berücksichtigung der Phytocœnosen sei man sich stets dessen bewusst, dass diese Scheidung durchaus willkürlich ist und nicht in der Natur der Sache begründet liegt: denn bei den topographischen Einheiten ist weder die Artenliste noch die Lebensformenliste ausschlaggebend, sondern nur der Standort. Hier hat die Einteilung nach dem Standort ihre volle Berechtigung.

Zur Biocœnose einer indischen Mangrove gehören nicht nur die *Rhizophora*-Bäume, sondern auch die ihre Stelzwurzeln bekleidenden Amphinereïden und der an ihnen kletternde *Periophthalmus*. Zur Biocœnose alpiner Kalkflühe gehören ebensogut die Spaltenpflanzen *Androsace helvetica, Draba tomentosa, Festuca alpina* und *Encalypta rhabdocarpa* und die die Gipfelflächen bekleidende *Caloplaca elegans*, wie die dieser den nötigen Dünger liefernden Alpendohlen *(Pyrrhocorax alpinus)* und Mauerläufer *(Tichodroma muraria)* und deren vornehmlich in den Spalten lebende Insektennahrung. Dass die Alpendohlen des Sanetsch im Vorfrühling auf den „Vâques" (Hartwiesen von *Festuca vallesiaca, Stipa capillata* usw., vgl. Seite 398—400) des Galgenhügels von Sitten weiden und die Mauerläufer der Dents-du-Midi im Winter an den Klostermauern von St-Maurice turnen, widerspricht dieser Auffassung so wenig wie die weiteren Tatsachen, dass der auf den Vâques der Follatères sich entwickelnde *Ascalaphus* im Juni auf den Dolomitzinnen des Portail de Fully über 2200 m fliegt; dass die Libellen, deren Larven sich nur in warmen Talgewässern entwickeln, häufig bis über die Schneegrenze fliegen; dass der im Sommer 1917 in Massen aufgetretene Kohlweissling *(Pieris*

[1]) Wird an einem Standort aus irgendwelchen Gründen kein höherer Stabilisierungsgrad erreicht, spricht Braun-Blanquet (1918) von „Assoziations-Fragmenten", ebenso auch schwedische Botaniker.

brassicae) in den Alpen noch bei 3000 m in ganzen Schwärmen anzutreffen war; dass der im Meer seine Jugend verlebende Aal auch dem Nekton der Süsswasserseen angehört. Wie für die ökologischen Einheiten nur die in denselben enthaltenen Lebensformen, nicht aber sämtliche Lebensformen der in ihnen enthaltenen Arten in Betracht kommen, so kommen für die topographischen Einheiten nur die jeweiligen Wohnorte in Betracht. Bei den Erranten bilden diese oft nur einen Bruchteil des Lebensraums der Arten. Arten, die ständig ihren Wohnsitz ändern, nennt Dahl „heterotop" (nicht mit der „Heterotopie" der Pflanzengeographen zu verwechseln!), wogegen für solche, die in regelmässigem Wechsel verschiedenen Biocœnosen angehören, die Bezeichnung „heterocön" geprägt worden ist (Enderlein, Thienemann).

Die Tatsache, dass die topographischen Einheiten aus ökologischen zusammengesetzt sind, ist wohl ziemlich allgemein, zuerst wohl von Lorenz 1838, gefühlt worden, aber auch heute noch nicht allgemein anerkannt.

Beispielsweise unterschied Kerner (1863) innerhalb der „Formation" aus einer einzigen „Grundform" gebildete Bestände[1]), die er nach ihrem Zusammenschluss in „Dickichte" und „Lückichte" einteilte und nach den Lebensformen benannte. „Von diesen Beständen bedeckt nur selten einer für sich allein den Boden; gewöhnlich findet eine gegenseitige Durchdringung statt, und fast immer bemerken wir mehrere Bestände in Schichten übereinander entwickelt, so dass z. B. über einem Gefilz von Moosen, welches als unterste Schichte den Boden bekleidet, das Geblätt von Farnen als zweite Schichte emporstrebt und dann als dritte Schichte die auf schlanken Säulen getragenen dunklen Kronen eines feuchten Gehölzes ihr düsteres Schattendach wölben. — Diese Verkettungen von Beständen sind es eben, welche man Pflanzenformationen genannt hat und deren Studium von den Botanikern unbegreiflicherweise bis in die neueste Zeit so gänzlich vernachlässigt wurde" (1863 p. 11). Nicht nur nach den Lebensformen analysierte Kerner seine „Formation", sondern auch nach den Aspekten: „Wie anziehend ist nicht auch schon das Zergliedern und Auflösen des grünen Pflanzengebäudes in seine wesentlichen einfachen Bestandteile, wie anziehend weiterhin das Verfolgen des Blüten- und Farbenwechsels der Pflanzenformation von der Zeit an, wo die ersten milden Frühlingslüfte alle Knospen und Keime neu beleben, bis zu den späten Tagen des Herbstes, wo die letzten Zeit-

[1]) 1888 bezeichnete er diese auch als „Genossenschaften" (vgl. Pflanzenleben, II. Band p. 830).

losen ihre Blüten zwischen den vergilbten Grashalmen hervorstrecken" (ebenda Seite 12).

Mit unübertrefflicher Schärfe hat Hult (1881) die Zusammensetzung der „Formationen" (= Phytocœnosen) untersucht und dabei äusserst wichtige Tatsachen festgestellt, die leider anscheinend ganz in Vergessenheit geraten sind. Auch er beschreibt und benennt die Schichten einer „Formation" nach ihren Lebensformen. Er erkennt, dass häufig eine von einem bestimmten „Bestand" eingenommene Fläche stellenweise von Beständen einer andern Schicht überdeckt wird und dass einzelne Bestandteile einer solchen „Formation" über grosse Flächen konstant bleiben, während andere wechseln. Solche fleckweise wechselnde Pflanzengesellschaften mit wenigstens einer gemeinsam dominierenden Form (Synusie 1. bis 2.°!) nennt Hult Zwillingsformationen (tvillingsformationerna). Die gemeinsame Synusie bezeichnet er als Verbindungsbestand (föreningsbestånd), die wechselnden Synusien als Alternatbestände (alternatbestånd). Wenn beispielsweise der Verbindungsbestand von *Pinus silvestris* gebildet wird, während darunter *Vaccinium Myrtillus* und *Hylocomium* einerseits, *Calluna* und *Cladina* andererseits miteinander alternieren, so spricht er von „*Pineta polymorpha*". Es können aber auch *Hypnaceen* den Verbindungsbestand bilden und Föhrenbestände mit Birkenbeständen alternieren. Das sind die „*Pineta-betuleta vagantia*". Im ganzen kennt Hult in seinem Untersuchungsgebiet 16 solche Zwillingsformationen. (Vgl. als Beispiel aus dem Wallis die Aufnahmen aus dem Bois-Noir Seite 451.) Die Ergebnisse ihrer Untersuchung fasst er in mehreren Sätzen zusammen, von denen die wichtigsten mitgeteilt seien, da sie von fundamentaler Bedeutung und trotzdem nahezu unbekannt geblieben sind:

Verbindungsbestände können aus jeder beliebigen Grundform (= Lebensform) gebildet werden und jeder beliebigen Schicht angehören. Nur Bestände (= Synusien) derselben Schicht alternieren miteinander. Im allgemeinen gehören die alternierenden Vegetationsformen derselben oder verwandten Grundformen an. Gemischte Bestände und Bestandesgruppen lösen sich oft so ab, dass die eine Form des Bestandes gemeinsam verbleibt, während die übrigen einander ablösen. (Eine Ausnahme von dieser Regel bilden diejenigen Zwillingsformationen, die einen Verbindungsbestand von *Sphagnum* aufweisen: hier alternieren Reiserbestände mit Gräsern und Kräutern.) In gewissen Fällen können Alternatbestände fehlen, ohne durch andere ersetzt zu werden.

Das wichtigste ist, dass Hult alle Synusien einer Phytocœnose als gleichwertig erkennt. Die hier in Klammern mitgeteilte Ausnahme ist nur scheinbar und beruht auf der irrigen Meinung Hults, dass es in jeder „Zwillingsformation" (Phytocœnose) nur einerlei „Alternatbestände" gebe, wogegen ich der Meinung bin, dass in jeder sovielerlei Alternatsynusien enthalten sind, als Synusien überhaupt, dass also der Name „Zwillingsformation" unglücklich gewählt erscheint. (Man vergleiche damit die „Formationskomplexe" von Du Rietz Seite 446—48!)

Von wesentlich andern, nämlich floristischen, Erwägungen aus kam auch Drude zu einer Zerlegung der „Formation". „Um die Formation in der topographischen Pflanzengeographie zur Charakterisierung kleinerer Ländergebiete exakt benutzen zu können, ist auf den Gesamtbestand, auch auf die nebensächlich beigemengten Arten, zu achten und durch diese Artgenossenschaften die Hauptformation zu gliedern" (Drude 1888 p. 6). Ähnlich fordert Engler (1899) „eine scharfe Sonderung der Genossenschaften in den Formationen". Diese „Genossenschaften" sind wenigstens zum Teil als Synusien, die „Bestände" von Kerner und Hult vielleicht richtiger als Isöcien zu bezeichnen. „Es ist eine wissenschaftliche Gliederung der Formation nach Charakterarten[1]) notwendig, und diese Charakterformationen sondern sich in einzelne Glieder einer grossen Kette durch lokale Bestände, Arten und Artgenossenschaften" (Drude 1888). Innerhalb der „Charakterformationen" (= Phytocœnosen, im Gegensatz zu den „Ortsbeständen" = Siedlungen) unterscheidet Drude also ausser den Synusien auch einzelne Arten, die im wesentlichen den Clans in meiner Fassung entsprechen. Die einzelnen Synusien gliedert Drude (1890), ähnlich wie später Pound und Clements, in „Haupt- und Nebenbestände". Noch deutlicher spricht sich Drude 1916 aus: „Eine Pflanzengemeinschaft setzt sich am gleichen Standort aus oft sehr verschiedenen Einzelhaushaltungen zusammen, und diese bilden in ihrer Gemeinschaft die Physiognomie des Bestandes an Ort und Stelle." Die „kleinsten Einheiten der ganzen Formationslehre" bezeichnet er als Elementarassoziationen oder Bestandeselemente. Das sind nichts anderes als Synusien. „Sie sollen die letzten als wesentlich erkannten Einheiten des Bodenteppichs in seiner oft hervortretenden inneren Verschiedenheit umschliessen, soweit sich in ihnen nicht blosser „Zufall", d. h. also ein der Besiedlungstätigkeit einzelner Arten selbst zuzuschreibender Wechsel zeigt, sondern eine

[1]) Nicht mit den Charakterarten Brauns zu verwechseln!

bestimmte Gesetzmässigkeit in ihnen erkannt werden kann." Ferner erkennt hier Drude den Wert der diesbezüglichen Untersuchungen Hults ausdrücklich an.

Wenn Clements (1916 p. 125) für sich das Verdienst in Anspruch nimmt, als erster 1905 innerhalb der „Assoziation" (= Phytocœnose) kleinere Einheiten ausgeschieden zu haben, tut er dies zu Unrecht, wenn auch anzuerkennen ist, dass er diese Einheiten, eben die Synusien, deren Identität mit den ökologischen Einheiten Warmings ihm übrigens entgangen zu sein scheint, zuerst (wenn man von Lorenz' System absieht) „systematisiert" hat (vgl. Seite 426—29). Pound und Clements hatten bereits 1898 innerhalb der „Formation" „types, facies, aspects and patches" unterschieden, die im wesentlichen Synusien und Clans entsprechen. Ferner unterschieden sie (1900 und Clements 1904 p. 18) „coordinate associations", die aus mehreren Schichten bestehen, die sie als „subordinate associations" bezeichnen. Ihre „habitat-groups" sind Isöcien und Zusammenfassungen von solchen.

Einen bedeutsamen Fortschritt brachte die Behandlung dieser Fragen durch Schröter 1902. Seine „Bestandestypen oder Assoziationen" sind in erster Linie topographische Einheiten (Phytocœnosen), wenn auch viele Synusien 3.° entsprechen. Zur Einteilung der „Formationen", die teils Zusammenfassungen verwandter Phytocönosen desselben Gebiets, teils Isocœnosen und Isöcien entsprechen, benutzt er die „Physiognomie", d. h. die Lebensform der innerhalb der Phytocœnosen dominierenden Synusien oder Isöcien. Schröter stellt die „Physiognomie" ausdrücklich in Gegensatz zur Ökologie der ganzen „Formation". Die Physiognomie „ist die einfachste, am leichtesten zu erkennende Eigenschaft. Die ökologische Natur ist nur bei einheitlichen Formationen leicht zu erkennen, bei komplizierten, zusammengesetzten ist sie streitig, und ebenso ist es mit der Konstatierung, ob eine gegebene Formation klimatisch oder edaphisch bedingt ist". Die „einheitlichen Formationen" bestehen eben hauptsächlich aus einer einzigen, die „zusammengesetzten" aus mehreren, ökologisch verschiedenen Synusien.

Weiter führt Schröter aus, dass seine topographischen Einheiten etwas ganz anderes als die ökologischen „Vereine" Warmings sind. So besteht ein Buchenwald aus „ökologisch grundverschiedenen Typen" und ein Röhricht aus sechs ganz verschiedenen „Vereinen" im Sinne Warmings. „Man wende nicht ein, dass eine Zusammenfassung dieser heterogenen Dinge keinen Sinn habe, dass das Wasser ein besonderer Standort sei, ebenso der Schlamm. Aber das Wasser zwischen den

Schilfhalmen ist eben doch ein durch diese Schilfhalme veränderter Standort, und der von den Schilfradicellen durchzogene Schlamm ist ein ganz anderes Ganzes als der von andern oder gar keinen Radicellen durchzogene. Die Seerosen wirken bedingend auf das landschaftliche Gesamtbild des Röhrichts. Und wenn wir im Radicellentorf das phytogene Residuum dieses Bestandes vor uns haben, so beteiligt sich an dessen Bildung doch die ganze Gesellschaft . . . Eine andere Frage ist es freilich, ob man die limnetische Region eines Sees und den darunterliegenden Seeboden ebenfalls zu einer Formation zusammenfassen soll. Diese Frage stellen, heisst sie verneinen: Hier sind in den übereinander liegenden Stücken der Litho- und Hydrosphäre die Bedingungen so grundverschieden und die Bewohner gegenseitig so unabhängig, dass eine scharfe Trennung nötig ist. Sie sind eben nicht durch ihre pflanzlichen Bewohner mit einander verbunden" (Schröter 1902 p. 69).

Ich erachte jeden Streit, ob ökologische oder topographische Einheiten zu benutzen seien, für durchaus unnütz, da beide gleich berechtigt und notwendig sind, was Schröter am Schluss der genannten Arbeit (p. 75) ausdrücklich anerkennt: „Das ökologische System hat neben dem topographisch-physiognomischen seine volle Berechtigung und sein weiterer Ausbau auf dem Warmingschen Fundament ist eine wichtige Aufgabe der Pflanzengeographie. Vielleicht lässt sich eine glückliche Kombination beider Systeme finden". Dass Schröter das „topographisch-physiognomische System der Formationslehre" neben das „ökologische System der Formationslehre" stellte, ist höchst bemerkenswert, und es ist nur zu bedauern, dass diese beiderlei Einheiten nicht auch in der Folgezeit scharf getrennt worden sind. Die Kompromisse von Warming 1909, Flahault und Schröter 1910, Brockmann und Rübel 1912 vermag ich nicht für eine „glückliche Kombination beider Systeme" zu halten.

Woodhead (1906) unterscheidet „complementary associations", die fast ausnahmslos Phytocœnosen entsprechen, und „competitive associations", die wenigstens zum Teil Synusien 3.° sind.

Brockmann (1907 p. 262) stellte die „Formationsgruppe" der Buschweiden auf für „zoogene Formationen", die „gewissermassen aus der Mischung" von Grasflur und Gebüsch bestehen.

Den bedeutendsten Schritt zur Klärung dieser Fragen hat meines Erachtens Cajander, gleich Hult ein Schüler Norrlins, unternommen (1909). Schon 1903 hatte er „einfache, gemischte und zusammengesetzte Bestände" unterschieden. Zu rein praktisch-forstwirtschaftlichen Zwecken ging er an die Untersuchung der „Waldtypen", d. h. der

Chamæphyten-, Hemikryptophyten- und Geophytensynusien in Wäldern. Durch die Ausschaltung aller spekulativen Gesichtspunkte und Vorurteile kam er darin bedeutend weiter als die Vertreter der „Zürcher Schule", die, überzeugt von der Alleinberechtigung der topographischen Einheiten, wohl recht gute Analysen der „Wiesentypen" geben konnten, d. h. derjenigen Phytocœnosen, die vorwiegend aus nur einer Synusie 3.° bestehen, deren Methode aber den Wäldern gegenüber vollständig versagte. Bezeichnenderweise verzichtete z. B. Brockmann (1907) gänzlich auf eine Ausscheidung von „Assoziationen" innerhalb der „Waldformationen" und begnügte sich mit der Mitteilung einzelner Siedlungsaufnahmen. (Ohne Mitberücksichtigung der Moos- und Flechtensynusien ist eine Analyse der Waldtypen auch aussichtslos!) Cajander kommt durch die Untersuchung zahlreicher Laub- und Nadelwälder in Ostdeutschland, Österreich und Finnland zu dem wichtigen Ergebnis, dass sich im Unterwuchs der Wälder ganz bestimmte „Typen" (=Synusien 3.°) ausscheiden lassen, deren Verbreitung keineswegs mit der der Baumarten zusammenfällt, also einem Resultat, das die Befunde Hults vollauf bestätigt. „Die Bodenvegetation wird durch die Bestand bildende Holzart in ziemlich geringem Grade beeinflusst." Das darf nicht so verstanden werden, als ob die Bäume ohne Einfluss auf die Bodenvegetation seien; sondern Cajander will damit nur sagen, dass die Art der dominierenden Bäume ziemlich gleichgiltig ist. Selbstverständlich beeinflussen die Baum- und Strauchschichten die Standortsbedingungen, um so mehr, je stärker sie schatten.

Moss schreibt 1910 (p. 33): „It is no longer possible to regard a forest as a „formation", nor even a coniferous forest. Such complex pieces of vegetation must be resolved into separated associations, and the latter rearranged into formations", die allerdings weder Isöcien noch Phytocœnosen, sondern Sukzessionseinheiten entsprechen. Solange die Vegetationsanalyse nicht weiter fortgeschritten sei, müsse man sich damit begnügen „to refer certain communities simply to their associations, rather than hastily build up formations on flimsy foundations." Den damit ausgesprochenen Vorwurf müssen manche Zürcher Pflanzengeographen hinnehmen, wenn sie z. B. die „Assoziationen" der *Festuca vallesiaca*, der *Nardus stricta*, der *Carex firma* und der *Carex curvula* usw. zur „Formation der Trockenwiesen", oder die „Limnäenformation" und das „Nereïdion" zur „Formationsgruppe" der „Submersiprata" vereinigen.

Wie Brockmann und Rübel (1912) nur dann von „Gehölzen" sprechen, wenn die Wald- und Strauchschichten „so geschlossen sind,

dass sie den Pflanzen der andern niedern Stockwerke wesentlich andere ökologische Bedingungen schaffen, als wenn diese selbst dominierend wären", ist auch Vahl (1913) der Meinung, dass die „offenen Wälder" den „waldlosen Heiden" näher stehen als den geschlossenen Wäldern. Er vereinigt daher die baumlosen Heiden mit den baumbestandenen zur selben „Formation", wenn in diesen die Baumkronen weniger als $\frac{1}{4}$ der Fläche bedecken. Wenn sie $\frac{1}{4} - \frac{3}{4}$ bedecken, macht er eine eigene „Formation" (=Isocönose) daraus, die er mit dem Praefix „stegano-" bezeichnet, z. B. wenn der Unterwuchs aus Heide besteht, als „Steganochamaephytium".

Drude (1913 p. 190 und 1916) unterscheidet verbundene Bestandestypen, die „gleichzeitig miteinander auf dem gleichen Boden vorkommen, der ihren beiderlei Ansprüchen gerecht wird," Übergangsformationen, die durch Übergang einer Phytocœnose in eine andere entstehen, und gemischte Formationen, aus verschiedenen unregelmässig schachbrettartig gemischten „Bestandestypen", die besondere Beachtung verdienen; „denn die Mischung erfolgt auf Grund gemischter Standorte". Die „verbundenen und Übergangsformationen" setzt er als „zusammengesetzte" den „gemischten Formationen" gegenüber: erstere sind Phytocœnosen, letztere Mosaike solcher.

Warming (1915 p. 337) schreibt, sich im wesentlichen auf Cajander stützend: „Ein Wald wird somit gewissermassen aus verschiedenen Formationen zusammengesetzt, welche ökologisch und floristisch von den obersten Schichten beeinflusst werden, aber bisweilen mit grosser Deutlichkeit hervortreten." Ferner spricht auch er von „gemischten Formationen" auf „gemischten Standorten".

Braun (1915) kommt mit Bezug auf die wenig schattenden Holzarten, wie Kastanie und Lärche, zu ähnlichen Resultaten wie Cajander:

„L'essence forestière, dominante par la taille, n'est pas nécessairement dominante au point de vue synécologique. D'autres facteurs d'ordre édaphique ou physiographique ou encore le mode d'exploitation, exercent parfois une influence prépondérante sur l'établissement de la végétation du bois. Dès lors, des associations très diverses peuvent s'installer parmi les arbres. Il en est ainsi dans la forêt de mélèzes *(Larix)* de nos Alpes. Dans cette „formation", on constate les associations les plus diverses: landes à *Sarothamnus, Brometum erecti,* broussailles de *Rhododendron,* de *Vaccinium,* etc., pâturages à *Nardus* et même ébauches de tourbières. Aucun lien d'affinité floristique ne réunit ces groupements hétérogènes, indépendants aussi à l'égard de l'arbre, parce qu'ils continuent à exister après la coupe. En pareil cas, le sous-bois n'est pas le réactif de l'arbre dominant, mais cet arbre n'est alors qu'un élément du tapis végétal, de l'association qui s'étend à ses pieds. Il ne convient donc pas de mettre en parallèle un peuplement de *Larix* et des futaies de hêtres, d'epicéa, etc., où le caractère d'associations définies est démontré par un cortège floristique spécial et homogène."

Bevor ich zur Widerlegung des letzten Satzes schreite, seien noch die Ansichten zweier Schweden besprochen.

Samuelsson (1916) versteht unter „Assoziationen" Synusien 3.° und Phytocœnosen. „Kleinere Bestände, die noch so charakteristisch sein mögen, sich aber in ihrem Auftreten als mehr zufällig erweisen, bewerte ich nicht als selbständige Assoziationen." Nur in Verbindung mit andern auftretende „Bestände" (Synusien 1. und 2.°!) bezeichnet er in Anlehnung an Hult als „Alternatbestände", zu Unrecht, denn Hult verstand etwas anderes darunter (vgl. Seite 439). Die Isöcien und Isocœnosen (vgl. Seite 448) nennt er Formationen „im modernen Sinn".

Besondere Schwierigkeiten bereiten ihm die „Växtsamhällena i naturen". Er erkennt, dass manche alpine Wiesen (fjälläng*arna*) nicht nur physiognomisch und ökologisch, sondern auch floristisch mit mittelschwedischen Laubwiesen (löfäng*arna*), d. h. dem Unterwuchs von Laubwäldern, im wesentlichen übereinstimmen. Trotzdem zieht es Samuelsson vor, „die theoretischen Gesichtspunkte hintanzusetzen und mit den praktischen ein Kompromiss zu schliessen", besonders bei der Zusammenfassung der niederen Einheiten zu höheren. Indem er sich bezüglich der Abgrenzung von Wiesen und Wäldern an Vahl (1913) anschliesst, kommt er zum Schluss, „dass höchstens einige Gesellschaften in der Birkenstufe und nur relativ kleine Flecken der höchstgelegenen Nadelwälder Anspruch auf die Bezeichnung als wirkliche Waldgesellschaften erheben können", wenigstens in Dalarne. Eine gänzliche Entfernung der Waldschicht wirke hier nur unwesentlich auf die Zusammensetzung der Bodenflora ein. „So bilden z. B. ein *Geranium silvaticum*-reicher Birkenwald und eine *Geranium silvaticum*-Wiese der alpinen Stufe zusammen in weit höherem Grad eine synökologische Einheit als z. B. die üppigsten und magersten Typen der von Th. Fries (1913) beschriebenen *Solidago*-reichen Birkenwälder, die der genannte Forscher zu einer Assoziation vereinigt." Weitere Schwierigkeiten findet Samuelsson, „wenn man nicht dazu kommen will, Dinge zu unterscheiden, die faktisch zusammengehören und besonders innige Verbindungen und zusammengesetzte Einheiten von verschiedener Art bilden." Er beschreibt ähnliche Fälle wie Hult, wo der Unterwuchs stark wechselt, während die Baumschicht dieselbe bleibt. In der Bewertung der topographischen Einheiten weicht er ziemlich von Schröter ab: „Das liegt doch offen zutage, dass z. B. ein *Phragmites*-Bestand und die innerhalb desselben treibenden *Utricularia, Ricciocarpus natans* usw. unmöglich zu derselben Formation gehören können. Und doch schaffen die Schilfindividuen die für das Auftreten der andern Arten nötigen Bedingungen." Mit Warming ist Samuelsson darin einig, dass man

die Wälder als „gewissermassen zusammengesetzt" betrachten könne. Nur müsse man sich hüten, „die Konsequenzen daraus ad absurdum zu führen."

Von den Anschauungen Samuelssons geht Du Rietz (1917) aus. „Assoziation" und „Formation" fasst er wie Samuelsson. Ausserdem unterscheidet er noch „Formationsgruppen", die aber nicht, wie er meint, den gleichnamigen Einheiten von Brockmann und Rübel entprechen, die Gruppen von Isocœnosen sind, sondern er versteht darunter Gruppen von Isöcien. Ausserdem, und das ist die Hauptsache, ist er zu einer sehr klaren Auffassung des Begriffs der Phytocœnose gelangt, den er allerdings sehr zu Unrecht für neu hält. „Betrachtet man die Assoziationen (= Synusien) der Vegetation eines Gebietes näher, so findet man, dass sie nicht nur zu rein abstrakt physiognomisch-systematischen Gruppen („Formationen" usw. = Isöcien und Hauptisöcien) geordnet werden können, sondern dass sie auch in der Natur mehr oder weniger deutliche Zusammenschlüsse bilden können, ebenso wie sich die einzelnen Pflanzenindividuen zu Assoziationen zusammenschliessen. Diese „Assoziationen von Assoziationen" will ich in zwei Haupttypen trennen: „Assoziations- und Formationskomplexe".

Unter einem „Assoziationskomplex" versteht Du Rietz[1]) „eine in der Natur auftretende Vereinigung mehrerer zu einer und derselben Formation (= Hauptisöcie) gehörender Assoziationen zu einer physiognomischen Einheit". Es ist somit die „Übergangsformation" von Drude, das „Mictium" und „Ecotone" von Clements („Mictium" nennt er ein zeitliches Übergangsstadium, „Ecotone" eine nur räumliche Mischung), eine Mischung oder ein Mosaik verwandter Synusien. Ein Beispiel hiefür ist die Seite 387 beschriebene Epipetrensiedlung: eine Mischung eines Bestandes der Wärme und gedämpftes Licht fordernden *Leucodon*-Synusie und eines solchen der ausgesprochen schattenliebenden und eher stenothermen *Grimmia elatior*-Synusie. Der Seite 398—400 dargestellte Weiderasen ist ein Mosaik von Beständen der *Festuca-vallesiaca*-Synusie und der xerogeophytischen *Poa concinna*-Synusie mit einigen Clans von Arten der *Kœleria valesiana*-Synusie.

Dem „Assoziationskomplex" stellt Du Rietz den „Formationskomplex" gegenüber als „eine in der Natur auftretende Vereinigung mehrerer, zu verschiedenen Formationen gehörenden Assoziationen

[1]) Unabhängig von Du Rietz, ja selbst ohne die Arbeiten von Hult, Warming und Drude zu kennen, braucht auch Nichols (1917) das Wort „association-complex" und zwar nahezu im selben Sinne.

(also nicht verwandten Synusien!) zu einer physiognomischen Einheit". Er ist nichts anderes als die „Formation" von Grisebach und unterscheidet sich nur insofern von meiner „Biocœnose", als diese nicht nur aus Synusien, sondern auch aus vereinzelten Pflanzen und Tieren (Clans) besteht. „Der Formationskomplex verhält sich zum Bestand wie dieser zum Individuum, zur Assoziation wie diese zu den in ihr enthaltenen Individuen derselben Art, zum Assoziationskomplex wie die Assoziation (= Synusie 3.°) zu einem innerhalb derselben auftretenden Bestand von mehreren nahe verwandten Arten (= Synusie 2.°)." „Die Ursache zur Bildung von Formationskomplexen kann teils in der mosaikartigen Anordnung verschiedener Standortstypen liegen, teils in der durch die Vegetation selbst bewirkten Differenzierung der Standorte, teils noch in anderen Verhältnissen. In der allgemeinen Physiognomie der Vegetation spielen natürlich die Formationskomplexe eine mindestens ebensogrosse Rolle wie die Assoziationen selber." Dass sich bisher die meisten Pflanzengeographen vorwiegend nur mit „Assoziationen" befasst haben, komme daher, dass sie einerseits besonders alpine Gesellschaften untersucht haben, wo solche „mosaikartige Zusammenschlüsse" selten seien (?), dass sie ferner nur die aus Gefässpflanzen gebildeten Gesellschaften berücksichtigt und die „physiognomisch oft mindestens gleichwichtigen reinen Moos- und Flechtenassoziationen" vernachlässigt haben, was besonders für die Schweizer Pflanzengeographen gelte. (Darin hat Du Rietz nur zu sehr Recht.) „Schliesslich haben die meisten Autoren mit einem allzuweiten Assoziationsbegriff gearbeitet und daher oft heterogene Assoziationen vereinigt, in manchen Fällen infolge der Vernachlässigung von Moosen und Flechten. Ihre Assoziationen stellen deshalb in manchen Fällen typische Assoziationskomplexe dar." Auch das gilt insbesondere von den „Waldassoziationen" der Zürcher Schule. Nach der rein ökologischen Methode müsse man die Synusien aus ihren Verbänden (den Phytocœnosen) lösen und zu künstlichen Gruppen (Isöcien) zusammenfügen, und dabei gehe jede Übersicht über die Vegetation eines Gebietes verloren. Man könne entweder zunächst die verschiedenen Synusien eines Gebietes beschreiben und ökologisch klassifizieren und hernach die Phytocœnosen schildern, oder aber besser die Vegetation eines Gebietes zunächst topographisch gliedern und erst innerhalb der Phytocœnosen die Synusien beschreiben.

Bei mehrschichtigen Pflanzengesellschaften sieht sich Du Rietz denselben Schwierigkeiten gegenüber wie Samuelsson. Auch er zieht die Grenze zwischen „Assoziation und Formationskomplex" dort, wo

die Waldschicht zusammenhängend wird. Innerhalb einer Waldassoziation bewertet er Verschiedenheiten der Feldschichten nur als Facies-Unterschiede. Darin deckt sich seine Auffassung also mit der von Vahl und Braun, nicht aber mit der meinigen. Man müsse immer bedenken, sagt er, „dass die synökologischen Einheiten keine irgendwie absoluten Begriffe sind, sondern nur ein Mittel, um so leicht und deutlich als möglich ein Bild von der Zusammensetzung der Pflanzendecke geben zu können."

Streng genommen solle das Wort „Formationskomplex" gleich wie „Bestand" nur Einzelvorkommnisse bezeichnen (also = Siedlung), aber praktisch sei es kaum nötig, für den abstrakten Begriff das Wort „Formationskomplextypus" einzuführen. Ich bezeichne jede konkrete topographische Einheit als Siedlung, wenn sie ökologisch einheitlich ist, als Bestand, und brauche Biocœnose und Phytocœnose nur für den abstrakten Begriff, ohne jedoch grosses Gewicht auf diese Unterscheidung zu legen. Jedenfalls scheint mir die Bezeichnung Phytocœnose weit besser als das Wort „Formationskomplex", das, abgesehen von seiner Länge, den Anschein erweckt, es handle sich um eine aus Formationen (im Sinne von Samuelsson = Isöcien und Hauptisöcien, im ursprünglichen Sinn aber gleich Phytocœnose!) zusammengesetzte Einheit, was nicht der Fall ist. Die topographische ist vielmehr eine ebenso fundamentale Einheit wie die ökologische und verdient gleich dieser einen kurzen, prägnanten Namen, der zu keiner Verwechslung mehr Anlass gibt.

Wie Du Rietz noch besonders hervorhebt, sind die auf „pflanzenphysiognomischen Karten" dargestellten Einheiten fast durchwegs Phytocœnosen oder Zusammenfassungen solcher.

Der Begriff der Biocœnose sollte nunmehr klar sein, und ebenso, dass man aus Isöcien zusammengesetzte Biocœnosen verschiedener Gebiete als Isocœnosen zusammenfassen kann.

Wo soll man die Grenze zwischen einer Synusie 3.° und einer Phytocœnose ziehen? Nach Schröter bildet ein Röhricht mitsamt den dasselbe bewohnenden adnaten und erranten Synusien eine Einheit, die der Synusie entspricht, nach Samuelsson eine solche, die der Biocœnose entspricht. Nach Schröter ist z. B. das Plankton in einem Schilfbestand ein anderes als ausserhalb, was zutrifft; aber andererseits wirkt ein *Schœnoplectus*-Bestand *(Scirpetum)* auf das Plankton wohl ebenso, zur Not auch ein künstliches Pfahlsystem, und andererseits ist es für den Schilf höchst gleichgültig, welches Plankton zwischen seinen Halmen lebt.

Bezüglich der Wälder scheinen sich die meisten Autoren dahin einigen zu wollen, dass ein Wald dann als Synusie 3.° zu gelten habe, wenn die Korrelationen zwischen den Schichten so eng sind, dass die sie bildenden Synusien stets und unvertauschbar aneinander gebunden sind, dass also die Feld- und Bodenschichten nur unter den betreffenden Waldschichten vorkommen können. Wenn das richtig ist, dann haben Vahl, Braun, Samuelsson und Du Rietz Recht, wenn sie geschlossene Wälder als ökologische, nicht nur als topographische Einheiten betrachten. Nach Hult und Cajander ist dies indessen nicht der Fall und nach meinen eigenen Beobachtungen ebensowenig.

Ich brauche nicht auf die Ansichten von Höck[1]), Winkler u. a. einzutreten, die lediglich die Arten zusammenstellen, die besonders häufig unter einer Baumart vorkommen, unbekümmert darum, ob und wie häufig sie sich auch anderwärts finden. Josias Braun sagt, dass es eine ganze Reihe „Charakterarten" gebe, die den Föhrenwald, den Buchenwald, den Fichtenwald als „Assoziationen" kennzeichnen. Ich war lange Zeit gleichfalls dieser Ansicht, bis mich die Tatsachen eines andern belehrt haben. Innerhalb eines kleineren Gebietes kommt es häufig vor, dass eine Pflanze nur unter einer bestimmten Baumart zusagende Bedingungen findet. Wo sich aber mehrere Baumarten finden, die ungefähr gleichstark schatten, ähnliche Temperaturen, Bodenfeuchtigkeit und Humus erzeugen, da finden sich alle autotrophen Arten des einen Waldes auch in den andern. So ist *Allium ursinum,* das Braun (1915) als Charakterart erster Ordnung des Buchenwaldes anführt, ebenso häufig in Auenwäldern aus Erlen, Weiden und Eschen (vgl. z. B. Siegrist 1913 p. 87 und 101), fehlt dagegen in den höhergelegenen Buchenwäldern völlig. *Milium effusum* und *Asperula odorata* sind ebenso häufig wie unter Buchen unter Weiss- und Rottannen; beide fand ich auch unter Arven, aber durchaus nicht in allen Buchenwäldern. Nicht einmal die Gesamtverbreitung deckt sich mit derjenigen der Buche: so geht *Asperula odorata* im Wallis weit über die Buchengrenze in das kontinentale Gebiet. Die Bestände von *Anemone nemorosa* und *Allium ursinum* sind wohl am besten als besondere Synusien 1.—2.° zu behandeln, die sich mit verschiedenen anderen Synusien korrelativ verbinden können, selbst mit der *Arrhenatherum*-Synusie der Fettwiesen; dasselbe gilt von *Leucojum vernum* und *Scilla bifolia.*

[1]) Zum besten, was über diesen Gegenstand geschrieben worden ist, gehört die Behandlung durch Drude (1896 p. 298—304), der die Anschauungen Höcks energisch zurückweist.

Als allgemeine Regel gilt, dass alle „Buchenpflanzen" mit Sommeraspekt auch in gleich stark schattenden Nadelwäldern wachsen, alle „Buchenpflanzen" mit Frühlingsaspekt auch in andern, natürlich nicht in allen, Laubwäldern. Hier ist die Unterscheidung zwischen laubwechselnden und immergrünen Wäldern wirklich am Platz; sie ist für den Unterwuchs wichtiger als für die Bäume selber. Wenn z. B. in einem kleinen Gebiet nur eine immergrüne oder nur eine laubwechselnde Holzart waldbildend auftritt, so werden zahlreiche Pflanzen nur in diesen Wäldern vorkommen.

Die einzelnen Waldbodenpflanzen können für bestimmte Chamæphyten-, Hemikryptophyten- und Geophytensynusien sehr charakteristisch sein, nicht aber für die Phanerophytensynusien. Das mag an den nach Braun für den Föhrenwald besonders charakteristischen Arten erläutert werden. So ist *Pirola chlorantha* eine Charakterart einer ganz bestimmten Synusie, die sich allerdings besonders häufig unter *Pinus,* aber auch unter *Abies* findet. *Goodyera* ist mindestens so häufig wie unter *Pinus* auch unter *Picea* und *Abies*, ebenso *Pirola secunda* und *uniflora.* Die in der Schweiz allerdings sehr seltene *Chimophila* wächst bei Fällanden mit *Pirola secunda* und *chlorantha* in einem Mischwald aus *Fagus, Picea* und *Abies* vom *Myrtillus*-Typus Cajanders, mit wenigen eingestreuten kränklichen Föhren. *Monotropa* findet sich wenigstens in der Schweiz ebensohäufig wie unter Föhren auch unter Buchen, Rot- und Weisstannen, *Melampyrum pratense* var. *chrysanthum* ebensogut unter Lärchen. Die meisten sogenannten „Föhrenpflanzen" sind einfach lichtliebende Rohhumusbewohner. Das gilt besonders auch für die „Föhrenmoose" (vgl. Grebe 1917 p. 137).

Im Wallis finden sich dieselben, unter sich sehr verschiedenen Synusien wie unter Föhren auch unter *Quercus pubescens,* vielfach auch unter *Betula pendula* und unter *Larix.* Die beiden folgenden Siedlungsaufnahmen aus dem „Bois-Noir" bei St. Maurice, auf einem kalkreichen Schwemmkegel ausserhalb des eigentlichen „Föhrengebiets", mögen zeigen, dass auch unter *Picea* ganz ähnliche Synusien wie unter *Pinus* vorkommen können. Es dominiert hier als „Verbindungsbestand" (Hult) die Synusie von *Erica carnea,* die anderwärts auch, mit fast identischer Zusammensetzung (z. B. im Sottoceneri) auch unter Laubhölzern auftritt, in ihrer subalpinen Facies besonders unter *Pinus montana* und *Larix.* Im unteren Teil des Bois-Noir dominiert *Pinus silvestris,* im oberen *Picea* mit eingestreuter *Abies.* Ich gebe nun die Aufzeichnungen für die unteren Schichten nach einer Aufnahme vom 4. Mai 1916 wieder:

	Föhrenwald	Fichtenwald		Föhrenwald	Fichtenwald
Eurhynchium striatum .	1	1	*Rubus caesius*	—	f 1
Hylocomium triquetrum .	2	3	*Fragaria vesca* . . .	f 1	—
Juniperus communis . .	1	—	*Rosa arvensis*	f 1	f 1
Sesleria cærulea . . .	ab 1-3	ab 1	*Prunus avium*	f 1	—
Melica nutans	g 2	—	*Lathyrus pratensis* . .	f 1	—
Carex alba	b 4	b 2	*Viola hirta*	ab 2	—
„ *ornithopus* . . .	c 1	b 1	„ *silvatica* . . .	ab 1	ab 1
„ *digitata*	—	f 2	*Euphorbia dulcis* . . .	a 1	a 1
„ *flacca*	a 2	a 1	*Mercurialis perennis* . .	bc 1	—
Majanthemum bifolium .	f 1	f 1	*Polygala Chamaebuxus* .	a 2	—
Convallaria majalis . .	—	f 3	*Acer campestre*	ef 1	f 1
Polygonatum officinalis .	a 1	—	*Hedera Helix*	f 1	f 3
Neottia Nidus-avis . .	g 1	g 1	*Sanicula europaea* . .	g 1	g 1
Corylus Avellana . . .	f 3	f 2	*Ligustrum vulgare* . .	f 1	b 1
Viscum album v. *microphyllum*	a 1	—	*Cornus sanguinea* . .	f 1	f 1
			Primula vulgaris . . .	bc 2	b 2
Helleborus fœtidus . .	cf 1	f 1	*Erica carnea*	b 3	b 1
Anemone Hepatica . .	bf 1-3	cf 1	*Teucrium Chamaedrys* .	f 1	—
Aquilegia vulgaris . .	—	f 1	*Viburnum Lantana* . .	ga 2	g 1
Berberis vulgaris . . .	f 1	f 1	*Lonicera Xylosteum* . .	g 2	f 1
Crataegus monogyna . .	f 2	f 1	*Bellidiastrum Michelii* .	a 1	—
Amelanchier ovalis . .	—	a 1	*Cicerbita muralis* . . .	f 1	—
Rubus ulmifolius . . .	f 1	f 1	*Hieracium murorum* . .	fg 1	—

Von diesen Arten ist einzig das parasitische *Viscum microphyllum* an die Föhre gebunden, die quantitativen Unterschiede im Auftreten der anderen Arten rühren zumeist vom verschiedenen Lichtgenuss her.

Während einerseits die gleiche Rasensynusie unter verschiedenen Baumsynusien vorkommen kann, sind unter derselben Baumsynusie sehr verschiedene Rasensynusien möglich. Ich könnte zahlreiche Belege hiefür aus den Schweizeralpen beibringen, doch würde deren Behandlung hier zu weit führen. Ich verweise bezüglich dieser Alternanzen auf die Arbeiten von Hult und Cajander, auch Beck gibt Beispiele hiefür.

Nur zwei besonders beweiskräftige Tatsachen seien kurz behandelt: das Vorkommen von „Waldpflanzen" in Höhlen und die angebliche „Baumstetigkeit" der Rindenbewohner.

Im Vorhof von Höhlen und Balmen (Halbhöhlen) herrschen ähnliche Bedingungen wie unter dichtstehenden Bäumen: Schatten, Schutz vor Wind und Regen, gleichmässige Temperatur, vermehrte Feuchtigkeit. So darf es nicht wundernehmen, wenn die Vegetation dieser Standorte wesentlich dieselbe ist wie diejenige in stark schattenden Wäldern. Man vergleiche hierüber besonders Lämmermayr (1911—14). Ich kann seine Beobachtungen in österreichischen Höhlen für zahlreiche Höhlen der Schweiz durchaus bestätigen. Für die hier zu prüfende Frage ist besonders die Vegetation in einer tiefen Verwerfungskluft, der „Tanna des Follatères", am Walliser Rhoneknie, sehr lehrreich. Inmitten eines lichten Gehölzes von *Quercus pubescens*, das weitgehend an den Šibljak von Adamović erinnert, und inmitten arider, von den „Vâques" der *Stipa capillata* und *Festuca vallesiaca* bekleideter Lössablagerungen, gedeihen da im feuchten Schatten der Gneisswände *Asplenium Trichomanes, Poa nemoralis, Möhringia trinervia, Geranium Robertianum, Epilobium montanum, Cicerbita muralis*, also „Charakterarten" feuchtschattiger subalpiner Wälder, dazu das subalpine–alpine Moos *Brachythecium collinum* (Schleicher), (das seinen Namen nur daher trägt, weil es von Schleicher eben an dieser Lokalität entdeckt worden ist), an kühleren Wänden *Thamnium alopecurum* und an den begünstigtsten feuchtwarmen Stellen *Eurhynchium pumilum* und *Gymnogramme leptophylla*, zwei Arten der feuchtwarmen Wälder der Subtropen, die nur im mild ozeanischen Klima des Alpensüdfusses und der europäischen Westküsten weiter nach Norden vorstossen (vgl. auch Morton 1914).

Einen schlagenderen Beweis könnte man kaum dafür erbringen, dass die Wirkung der Bäume auf den Unterwuchs fast ausschliesslich eine Veränderung der physikalischen Bedingungen ist, dass die Wälder also nicht ökologische, sondern nur topographische Einheiten sind. In ähnlicher Weise steigen auch zahlreiche Waldpflanzen, namentlich auch Moose, in Balmen weit über die alpine Waldgrenze, wie sie an solchen Orten auch die polare überschreiten (vgl. z. B. Fig. 164 in Warming 1915 p. 313).

Es wurde schon ausgeführt (Seite 344—47), dass die adnaten Rinden- und Felsbewohner besonders scharf auf Veränderungen der Standortsfaktoren reagieren.

„Si l'on parcourt une forêt, le plus léger coup d'œil fera reconnaître qu'entre la flore cryptogamique des écorces rugueuses, spongieuses et hygroscopiques comme celle du chêne, et la flore des écorces plus lisses, plus dures et plus sèches comme celle du hêtre,

il existe des différences tout-à-fait analogues à celles que nous remarquons entre les grès et les calcaires" (Thurmann 1849).

Wie es Kryptogamen gibt, die sich ausschliesslich auf bestimmten Gesteinen finden, so soll es auch solche geben, die ausschliesslich nur auf einer gewissen Baumart vorkommen (von Parasiten sehe ich dabei ab!), z. B. *Anacamptodon splachnoides* auf Buchen, *Tayloria Rudolphiana* auf Ahorn (Sendtner 1854, p. 432). Weitere Beispiele von „baumsteten" Moosen (übrigens meist mehr oder weniger saprophytische Bryochamaephyten und nicht Adnate!) geben beispielsweise Kerner (1888 p. 110), Schimper (1908 p. 125), Grebe (1917). Es muss sogleich auffallen, dass es sich meist um sehr seltene, oft nur wenigemale beobachtete Arten handelt, sodass die Angaben von vornherein einige Skepsis rechtfertigen. Das gilt besonders von den „Standortsangaben" in der systematischen Kryptogamenliteratur, die oft ganz unbrauchbar sind, da die Sammler den ökologischen Verhältnissen keine oder meist nur ungenügende Beachtung schenken.[1])

Nach meinen Beobachtungen gibt es sowenig „baumstete" Rindenmoose wie „baumstete" autotrophe Blütenpflanzen. *Orthotrichum leucomitrium,* das nach Schimper nur auf Nadelhölzern vorkommen soll, fand ich in grösserer Menge bei Vernayaz auf *Populus pyramidalis.*

Die von Grebe (1917 p. 133) als „Buchenbegleiter" bezeichneten *Amblystegium subtile, Dryptodon Hartmanni, Dicranum longifolium* usw. sind in der Schweiz noch häufiger in Nadelwäldern, es sind zum Teil überhaupt keine Rindenbewohner. Wohl besitzen, wie Thurmann richtig bemerkt, glattborkige Bäume in der Regel andere Flechten und Moose als rauhborkige. Aber innerhalb desselben „Waldklimas" tragen alle glattborkigen Arten dieselbe Rindenvegetation. Wo *Fagus, Acer campestre, Prunus avium* im Wallis bis in die flechtenreichen subalpinen Nadelwälder steigen, fand ich sie gleich den Koniferen dicht mit *Usnea, Parmelia aspidota* und *furfuracea* usw. besetzt. *Letharia vulpina* kommt lange nicht im ganzen Areal der Lärche vor, im Wallis kaum unter 1600 m, wo sie aber vorkommt, da geht sie, wenn auch seltener, auch auf die Arve. Auch diese Beispiele liessen sich beliebig vermehren, ebenso solche, die zeigen, wie Rindenbewohner auf Gestein oder sogar Erde übergehen (vgl. Seite 343). Das gilt nicht nur von einzelnen Arten, sondern selbst von ganzen Synusien. Die Rindensynusien erreichen häufig den 2.,

[1]) Schon der vortreffliche Beobachter Molendo (1865 p. 229) schreibt: „Es gibt nur sehr wenige Moosarten in Europa, welche auf eine einzige Form des Substrates beschränkt werden; das rastlose Streben unserer Tage macht ihre Zahl alljährlich kleiner."

aber wohl nie den 3. Grad, wie es bei den entsprechenden Epipetren häufiger der Fall ist: es fehlt am nötigen Raum und an der nötigen Zeit zur Stabilisierung.

So komme ich zum Schluss, dass auch in geschlossenen Wäldern die Bodenvegetation und die Epixylen gesonderte Synusien bilden, die selbständige Alternation und auch autonome Sukzessionen (vgl. Seite 418) zeigen und in hohem Masse unabhängig von der Spezies der beschattenden Bäume sind.

Auch die Wiesen wird man in sehr vielen, wenn nicht den meisten Fällen, als Biocœnosen und nicht als einfache Synusien 3.° auffassen müssen. So zeigen beispielsweise die Eugeophyten der subalpinen „Trisetumwiesen" vielfach ausgesprochene Alternanz im Sinne Hults, sodass man von besonderen Geophytensynusien reden kann (vgl. Seite 419). Ähnlich bilden die Flach- und Hochmoore mehr topographische als ökologische Einheiten. Wie grundverschieden die Lebensbedingungen in den einzelnen Schichten von Wiesen sind, haben beispielsweise Woodhead (1906), Yapp (1909) und Sherff (1912) gezeigt.

Diese Feststellungen sind nicht als blosse Wortklaubereien zu betrachten, sie sind vielmehr von grossem heuristischen Wert. Sie zeigen, dass es nicht angeht, einzelne Waldsiedlungen zu notieren und, wenn sie in ihren Waldschichten übereinstimmen, daraus „Assoziationen" zu konstruieren, und dass es nicht genügt, vereinzelte Siedlungsaufnahmen als Paradigmata für die betreffenden Wälder hinzustellen. Wir müssen vielmehr die einzelnen Synusien der Wälder jede für sich in ihrer Zusammensetzung aus Arten, Lebensformen und Aspekten und in ihrer Verbreitung verfolgen.

Eine weitere infolge der bisherigen Auffassung arg vernachlässigte Aufgabe ist die Feststellung der Korrelationen zwischen den Synusien, die die Biocœnosen zusammensetzen.

Dass Wechselwirkungen zwischen den zu einer Biocœnose verbundenen Synusien bestehen, beweist, trotz der gegenteiligen Meinung von Schröter und Braun, nichts gegen die Berechtigung einer Trennung der Synusien, sondern nur die Notwendigkeit, den Biocœnosen und den in diesen obwaltenden Korrelationen gleiche Beachtung zu schenken.

Zur vollständigen Diagnose einer Synusie gehört demnach nicht nur die vollständige qualitative und quantitative Analyse, die Angabe der Korrelationen der Arten unter sich und der Standortsansprüche, der räumlichen und zeitlichen Verbeitung, sondern auch die Angabe der Affinitäten einerseits, die besagen, in welche Sy-

nusien eine gegebene bei schrittweiser Veränderung einzelner Faktoren übergehen kann und mit welchen sie somit nächst verwandt ist, und andererseits der Korrelationen, die besagen, mit welchen anderen Synusien sich eine gegebene zu topographischen Einheiten verbinden kann, wie oft sich die verschiedenen Möglichkeiten verwirklichen, wie eng der Zusammenhang ist und worauf er beruht. Die Stärke der Korrelationen kann geradezu einen Masstab zur Beurteilung der Beeinflussung der Gesamtökologie („reaction" Clements) durch die herrschenden Synusien abgeben. Affine Synusien besitzen eine ähnliche Gesamtökologie: die Optima sämtlicher Faktoren zeigen nur graduelle Unterschiede. Korrelate Synusien sind meist ökologisch ganz verschieden, sie zeigen verschiedene Lebensformen und Aspekte. Nur einzelne Faktoren, besonders häufig die Temperatur und die Verdunstungskraft der Luft, sind in gewissem Grad gemeinsam.

Wie es „eurysynusische" und „stenosynusische" Arten gibt (vgl. Seite 432), so gibt es auch „eurycœnose" und „stenocœnose" Synusien. Auch dieses Merkmal zeigt von Gebiet zu Gebiet eine gewisse Variabilität, wie die Stetigkeit der Arten. Die schon genannte Synusie der *Gymnogramme leptophylla*, der eine ganze Reihe von Laub- und Lebermoosen angehören, ist an ihren nördlichsten Vorkommnissen, wie im Wallis und in Südtirol, ausgesprochen „stenocœnos", während sie in feuchtwarmen Gebieten am Mittelmeer und in den Subtropen eurycœnos ist, ebensogut wie in Felsklüften an Mauern und an Baumstrünken auftreten kann. *Selaginella helvetica* bildet im Wallis und Tessin mit andern Chamaephyten eine Synusie 2.°, die sich besonders mit der Hemikryptophytensynusie 3.° des *Bromus erectus* verbindet. Anderwärts, wie im Linthgebiet und am Bodensee, bildet dieselbe *Selaginella* nur Synusien 1.° in Verbindung mit derjenigen 3.° von *Carex panicea — Molinia cærulea*. Während *Selaginella helvetica* bodenvag ist, sind von ihren charakteristischen Begleitern beispielsweise *Eurhynchium strigosum* indifferent, *Solorina saccata* kalkfordernd, sodass man danach zwei Bodenfacies unterscheiden kann.

Die Erforschung der Korrelationen ist in der Biocœnologie genau so wichtig wie in der Physiologie der Einzelorganismen. Man kann die Korrelationslehre als „Symphysiologie" der Synökologie im engeren Sinn mit demselben Recht gegenüberstellen, wie die Physiologie im gewöhnlichen Sinn der Autökologie. Zum Schlusse sei noch festgestellt, dass die Forderung, es seien die Korrelationen verschiedener Pflanzengesellschaften zu erforschen, wohl zum erstenmal von Schröter (in Früh und Schröter 1904) erhoben worden ist.

c) Die topographisch-dynamischen Einheiten.

Alle „dynamischen Vegetationseinheiten" im engern Sinn sind aus schon angeführten Gründen topographisch. Die „Formationsgattung" von Meigen (1896) ist wie die „Formation" von Ganong (1903), Moss und Tansley nichts anderes als die Sukzessionseinheit („sere" von Clements), sie umfasst alle auf einem gegebenen Standort möglichen Pflanzengesellschaften. Die „Formation" von Beck und Drude (1888—90) steht insofern zwischen den statischen und dynamischen Einheiten, als sie wesentlich nach topographisch-statischen Merkmalen abgegrenzt wird, wozu aber noch die Forderung nach einem „natürlichen Abschluss" kommt. So ist Beck (1902) der Ansicht, dass „zur Unterscheidung der Pflanzenformationen in erster Linie jener Verband von Gewächsen massgebend sein müsse, mit dessen Vollendung die Natur sich selbst ein gewisses unüberschreitbares Ziel gesetzt habe, dass somit in jener Formation unter gleichbleibenden Bedingungen ein natürlicher Abschluss der Vegetation gefunden werden müsse." Auch Braun sagt von seiner floristisch-ökologischen „Assoziation", dass sie im Gleichgewicht mit der Umwelt stehen müsse. Es werden also nur Dauercœnosen als Einheiten anerkannt, „stable formations" im Sinne Cramptons (1911—12). Dabei braucht dieses Gleichgewicht nicht notwendig nur mit den klimatischen Faktoren, wie bei der „Climax-Formation" der Amerikaner, zu bestehen.

Die Unterscheidung von Beck und Drude, die sich im wesentlichen auch schon bei Hult, Sernander und Klinge findet, ist nur für gewisse Zwecke brauchbar. Bei der Benennung und Klassifikation der topographischen Einheiten ist man genötigt, eine gewisse Auslese zu treffen: man wird allzu vergängliche Stadien nicht besonders benennen und wird sie bei den stabilern einreihen. Auch wird man in letzter Linie danach streben, die „klimatischen Dauercœnosen" jedes Distrikts und Standorts zu ermitteln. Allein das kann nur eine letzte Aufgabe sein.

Schröter (1902 und 1910) hat sich entschieden gegen eine dynamische Einschränkung der Vegetationseinheiten gewandt. Bei den ökologischen Einheiten hätte eine solche überhaupt keinen Sinn: eine Synusie 1.° von *Calluna* z. B., ist doch dieselbe, ob sie nun ihr Dasein menschlichen Eingriffen verdankt oder nicht. Auch in den topographischen Einheiten ist, wie Schröter hervorhebt, jedes Gleichgewicht nur relativ; vielfach kommt es überhaupt zu keiner festen Stabilisierung. Auch vom rein induktiven Standpunkt aus wird man jede dynamische Einschränkung der Einheiten ablehnen müssen: man kann

meist nicht von vornherein entscheiden, wie stabil eine gegebene Siedlung ist und von welchen Faktoren sie in erster Linie abhängt.

Gänzlich ablehnen muss ich die angeblich „rein dynamischen" Einheiten der Amerikaner, besonders diejenigen von Clements.

„The unit of vegetation, the climax formation, is an organic entity. As an organism, the formation arises, grows, matures, and dies. Its response to the habitat is shown in processes or functions and in structures which are the record as well as the result of these functions. Furthermore, each climax formation is able to reproduce itself, repeating with essential fidelity the stages of its development. The life-history of a formation is a complex but definite process, comparable in its chief features with the life-history of an individual plant. The climax formation is the adult organism, the fully developmented community, of which all initial and medial stages are but stages of development. Succession is the process of the reproduction of a formation, and this reproductive process can no more fail to terminate in the adult form in vegetation than it can in the case of the individual plant." (Clements 1916 p. 124—125.)

Ein überaus anmutiges Märchen fürwahr, das der Phantasie seines Erfinders alle Ehre macht! Aber wenn man bedenkt, dass es Clements nicht als solches auffasst und sein ganzes System darauf baut, so dass dieses mit dieser Legende steht und fällt, dann erweist sich diese als etwas so Ungeheuerliches, dass sie den gröbsten materialistischen und vitalistischen Verirrungen an die Seite gestellt werden kann.

Der Vergleich der Sukzession mit der Entwicklung eines Lebewesens hinkt ganz gewaltig. Die Besiedlung von Neuland mag man ruhig mit der Ontogenie eines Organismus vergleichen, nicht aber die Veränderung einer Vegetation. Eine Biocœnose wandelt sich bei Veränderungen der Lebensbedingungen in eine entsprechende andere um, sie ist aber gleich den Einzellern potentiell unsterblich, d. h. sie stirbt nur eines gewaltsamen Todes. Aus jedem Entwicklungsstadium kann bei entsprechenden Veränderungen der Lebensbedingungen irgend eine andere Biocœnose hervorgehen. Wo findet sich änliches bei einem organischen Individuum?

Die Quellen dieser sonderbaren Verirrung sind bereits in der Theorie der physiographischen Zyklen von Davis und in der darauf sich stützenden der Vegetationszyklen von Cowles zu suchen. Dass zeitweise die Erosion und zeitweise die Akkumulation überwiegt, ist ohne weiteres zuzugeben, nicht aber, dass es sich um irgendwie gesetzmässig rhythmische Zyklen handle. Solche kommen wohl ausnahms-

weise zustande, wie im Wechsel der Eiszeiten. Dass es wirklich rhythmische Sukzessionen gibt, habe ich selber (Seite 418—20) dargelegt. Aber diese sind weitaus in der Minderheit. Auf die Vegetation als ganzes übertragen, führt diese Lehre zu ungerechtfertigten Verallgemeinerungen.

In dieser Beurteilung weiss ich auch Drude mit mir einig, der sich (1906) entschieden gegen die Übertreibungen von Cowles wendet: „Die Klimax-Formation können wir nur als ein mehr theoretisch abgeleitetes Endziel hinstellen, welches erst durch die Gegensätze, wie wir sie vor uns haben, Licht und Gestalt erhält. Der Lauf der Gewässer, die im Jahreszeitenwechsel steigen und sinken, muss stets für wenigstens eine bleibende Ungleichheit sorgen, welche zu zahlreichen Abstufungen führen würde . . . . .

So finde ich, im Gegensatz zu den sonst vortrefflichen Anschauungen von H. Ch. Cowles . . ., dass nicht, wie er hauptsächlich will, für ein grosses, weit gedehntes und verschiedenartig ausgestaltetes Land, wie z. B. das Seengebiet von Nordamerika, die Aufstellung einer „Klimax-Assoziation" von hauptsächlichem Werte ist, als vielmehr die Untersuchung dieser Frage jeweils gesondert für sich mit Bezug auf alle Abschnitte des Landes, welche nach ihrer physiographischen Grundlage dem Wechsel der Bestände im Kampfe um den Raum in besonderer Art unterworfen sind, einer Frage, deren Lösung jetzt vor unsern Augen sich darbietet."

Die Erforschung der Dynamik der Vegetation ist eine hochwichtige Aufgabe, aber man darf sie nicht von vornherein durch Aufstellung künstlicher Zyklen hemmen.

Vergebens bemüht sich Clements, die dynamische Betrachtungsweise auch auf die Unterabteilungen seiner „Associations" und „Associes" (=Phytocœnosen) anzuwenden: es sind eben ökologische Einheiten, nicht topographische. In ähnliche Verlegenheit wie bei der „entwicklungsgeschichtlichen" Behandlung der Synusien kommt Clements auch bei der „entwicklungsgeschichtlichen" Anordnung der „Klimaxformationen". Er anerkennt durchaus die Berechtigung der floristisch-ökologischen und der topographischen Methoden, findet aber, dass diese nur zu einem künstlichen System führen (1916 p. 143): „Here again the fundamental basis should be that of development, but we now have to do with the phylogenetic development of a climax formation, and not its ontogeny". Von dieser „Phylogenie der Klimaxformation" gesteht Clements offen, dass „it must always remain largely a matter of speculation." Er geht auch hier

von der grundfalschen Ansicht aus, dass die Klimaxformation eine organische Einheit sei, während sie in Tat und Wahrheit ein höchst abstrakter Grenzbegriff, und noch dazu von einer topographischen, nicht einer ökologischen Einheit ist. Solche abstrakte und unbestimmte Begriffe kann man nie und nimmer in ein „natürliches entwicklungsgeschichtliches System" bringen. Wir werden sehen, dass dies nicht einmal bei den viel realern Synusien möglich ist, da diese in hohem Grad polyphyletisch sind. Das gilt erst recht von den Klimaxformationen, die durchaus nicht immer, wie Clements behauptet, sich selbst wieder hervorbringen können, sondern nur, wenn die Standortsbedingungen nicht dauernd verändert worden sind.

Es fehlt also ziemlich jede Grundlage zu einer Schaffung von dynamischen Vegetationseinheiten, es sei denn, dass man mit Moss und seinen Mitarbeitern kurzerhand alle an einem gegebenen Standort sich ablösenden Sukzessionsglieder zu solchen Einheiten zusammenfasst. Dadurch wird aber ganz Verschiedenartiges vereinigt und Verwandtes auseinandergerissen.

Die sehr berechtigte Scheidung Cramptons in Dauer- und Durchgangscœnoson, die sich auch schon im Prinzip bei frühern Autoren findet, gilt nur für die Biocœnosen. Es hat dagegen gar keinen Sinn, mit Clements auch die Synusien in solche einzuteilen, die in klimatischen Dauercœnosen und solche, die nicht in solchen vorkommen. Vielfach kommt eben, wie er selber zugibt, eine und dieselbe in beiden vor.

Zu den Dauercœnosen sind alle diejenigen zu rechnen, die mit den sämtlichen ökologischen Bedingungen soweit in Einklang stehen, dass sie nicht stetig in eine andere Cœnose übergehen, also durchaus nicht nur, wie Cowles und Clements wollen, mit den klimatischen Faktoren allein. Einmal ist, wie ich gezeigt habe, die Scheidung in „klimatische" und „edaphische" Faktoren eine sehr missliche Sache, da diese nur als indirekte Faktoren wirken, während viele direkte Faktoren sowohl klimatischen als auch edaphischen und biotischen Ursprungs sein können. Vielfach ist es geradezu unmöglich, anzugeben, was als „Klimax" zu gelten hat und was nicht, eine Schwierigkeit, die z. B. auch ein Schüler von Clements, Pool (1913 p. 216) empfunden hat; er spricht von „temporary climax or even sub-formation". (Vgl. auch Nichols 1917.) Was soll man z. B. in einem Hochmoor, das sich dauernd in rhythmischen Sukzessionen befindet (vgl. z. B. Sernander und Melin) als Klimax bezeichnen? Höchstens die Summe aller sich ablösenden und mosaikartig verbundenen Biocœnosen, also eine abstrakt-topographische Einheit. Clements be-

zeichnet nunmehr nicht vorwiegend klimatische bedingte Dauercœnosen als „Subclimaxes".

Die Unterscheidung von Dauer- und Durchgangscœnosen ist deshalb wichtig, weil für die Charakterisierung eines grössern Gebietes nur die Dauercœnosen in Betracht kommen, in erster Linie die klimatischen, soweit diese überhaupt noch vorhanden oder eruierbar sind. Erst bei der monographischen Durcharbeitung eines kleinern Gebiets oder einzelner Gruppen von Biocœnosen wird man auch die labilern Durchgangscœnosen berücksichtigen. Erst dann können auch die Synusien genauer erforscht und gruppiert werden, und zwar nur auf solider statischer Grundlage.

Natürlich gibt es nicht nur „mesophytische" Klimaxes und Subklimaxes. Eine solche Behauptung dürfte nur der mit Recht aufstellen, der zuvor abwartet, bis alle Ozeane und sonstigen Gewässer verlandet sind. Als Beispiel biotisch bedingter „Dauercœnosen" in Gewässern nenne ich die schon (Seite 416) genannten Blutseen, ferner im Freien befindliche Weihwasser- und Taufbecken, die eine sehr interessante, vorwiegend saprobe Lebewelt aufweisen (vgl. Zacharias 1898).

Die Distrikte (Seite 305) entsprechen im allgemeinen den „Climax areas" der Amerikaner (vgl. die Arbeiten von Merriam, Transeau, Adams, Clements u. a.). Vielfach sind die Grenzen oder „Biochoren" weniger leicht zu bestimmen als die Zentren (vgl. Transeau 1905). Clements (1916, vgl. auch Vahl 1916b) fordert, dass diese „life areas" durch die Klimaxformationen charakterisiert werden müssen, gibt aber zu, dass es oft kaum möglich sei, diese zu bestimmen: „Neither climatology nor ecology has reached a point at which climatic climaxes can be delimited accurately". Auch die Bestrebungen der Amerikaner (z. B. Transeau 1905, Livingston 1913) haben noch keine sichere Umgrenzug der Klimaxgebiete ermöglicht: „We are still far from the final method for delimiting climaxes and their climates" (Clements 1916 p. 179). Es ist kein Zeichen echter Wissenschaftlichkeit, wenn ein Forscher einen eingestandenermassen so unsichern Begriff zur Grundlage seiner ganzen Arbeit macht.

4. Benennung der Vegetationseinheiten.

a) Ökologische = synusiologische Einheiten.

Zur Bezeichnung von Synusien 1.° benutzt man natürlich den Gattungsnamen der einzigen selbständigen Art, dem man am besten die Endung —etum anfügt und bei Bedarf noch den Artnamen im Genitiv (nach Cajander 1903). Dasselbe kann ohne weiteres auch

bei Synusien 2.° geschehen, in denen ja fast stets eine oder mehrere Arten derselben Gattung dominiert oder besonders charakteristisch ist. Es ist das der lateinische Gebrauch dieser Endung, wie er von Schouw 1822 und Lorenz 1858 übernommen worden ist. Clements benennt auch, was ich für ganz überflüssig erachte, die Ansammlungen einzelner Arten (clan, colony, family) und führt ausserdem eine gesonderte Benennung der Synusien aus Haupt- und Nebenarten, in Climax- und Seral-Einheiten durch (vgl. Seite 426). Die 1916 für die von ihm unterschiedenen Einheiten vorgeschlagenen Endungen führe ich hier an, um vor einem Gebrauch derselben abzuschrecken:

Eigene Namen	Climax-Units	Seral-Units
Synusie 3.° . . .	Association: —ium	Associes: —is
Synusie 1.—2.° .	Consociation: —etum Society: —ile (Layer-society: —en)	Consocies: —ies Socies: —ule
Clan	Clan: —are	Colony: —ale Family: —as

Es hat keinen Sinn, alle Synusien 1.—2.° zu benennen; sondern nur solche verdienen eigne Namen, die innerhalb der Biocœnosen von grösserer Bedeutung sind. *Fagetum* bezeichnet somit nicht einen ganzen Buchenwald, sondern nur die ausschliesslich oder vorwiegend aus Buchen bestehende Waldschicht.

Gegen die Benennung der Synusien 3.° nach einer einzelnen Art sind vielfach und mit Recht Bedenken erhoben worden, so von Drude und Gradmann. Wählt man die dominierende Art, so erhalten oft grundverschiedene Synusien denselben Namen. Was soll man sich beispielsweise unter einem *Seslerietum* oder einem *Molinietum* denken? Braun und Furrer (1913) wählen statt der dominierenden die charakteristischen Arten. Aber einmal hat nicht jede Synusie Charakterarten, und dann sind diese oft selten und finden sich bei weitem nicht in allen Beständen der nach ihnen benannten Synusien. Braun (1915) zieht die Konsequenzen daraus: er spricht z. B. (p. 181) von einer „*Montieae* sans *Montia*". Damit wird aber diese Benennungsweise doch ad absurdum getrieben. Es wird durch den Namen ein falscher Schein erweckt. Gegen die leichtfertige Benennung der Synusien 3.° und der Phytocœnosen nach einer einzelnen Art hat sich neben Drude (1890) und Gradmann (1909) auch Moss (1910) gewandt: „The designation of a pure association (=Synusie 1.—2.°) by its dominant species is a very different matter from determining the association (= Synusie 3.° + Phytocœnose) by such a species". Weiter sagt er mit Recht, dass die Benennung einer „Assoziation" nach

dominierenden Arten dem Versuch zu vergleichen sei, eine systematische Sippe nach einem leicht kenntlichen Merkmal zu benennen, wobei der Name in keinem Fall die Merkmale der Gruppe erschöpft, für die er gebraucht wird. Bei seinen eigenen Vorschlägen zur Benennung der Phytocœnosen und Isocœnosen (die ökologischen Einheiten lehnt er ja ab) schliesst sich Moss bis zu gewissem Grad an die von Clements (1902) an.

Ahnlich kritisiert Du Rietz (1917) den Missbrauch des Suffixes *-etum,* der tatsächlich, z. B. in der Zürcher Schule, zu einer wahren Kalamität zu werden droht. In Skandinavien ist man immer mehr davon abgekommen. Entweder wird (z. B. von Th. Fries 1913, Samuelsson, Melin 1917) der Name der betreffenden Isöcie (resp. Isocœnose) durch die Namen charakteristischer oder dominierender Arten präzisiert (z. B. *Carex chordorrhiza*-Niedermoor, *Gnaphalium supinum*-reiche Moosheide), oder aber es wird (z. B. von Sernander, Cajander, Häyrén) den Namen einer oder mehrerer massgebender Arten die Bezeichnung Assoziation beifügt. Diese Bezeichnungsweise hält Du Rietz für die zweckmässigste und ich pflichte ihm darin bei. So mag man von einer „calcicolen *Elyna*-Assoziation" (vgl. Seite 404) im Gegensatz zu dem durchaus bodenvagen „*Elynetum*" sprechen. Sollte das Wort Synusie angenommen werden, hat dieses an die Stelle von Assoziation oder Verein zu treten. Varianten von Synusien sind entsprechend als Facies zu bezeichnen. Auf diese Weise kann man stets genau angeben, ob sich ein Name auf eine Synusie 1.—2.° oder auf eine solche 3.° bezieht.

Zur Benennung der Isöcien, d. h. homologer Synusien verschiedener Gebiete, kann man nur dann eine Art oder Gattung zur Bezeichnung brauchen, wenn diese in allen oder den meisten in Betracht fallenden Gebieten wirklich die betreffenden Synusien bildet. So kann *Phragmitetum* nicht nur die Schilfsynusie 1. oder 2.° in einem kleinern Gebiete bezeichnen, sondern ebensogut die entsprechende Isöcie. Ebenso verhält es sich mit dem *Parmelietum conspersae.* In sehr vielen Fällen geht dies aber nicht an, und man ist dann auf die Lebensformen und Aspekte zur Benennung angewiesen. Von bestimmten Vorschlägen sehe ich ab, da wir heute erst selten in der Lage sind, anzugeben, welche Synusien verschiedener Gebiete wirklich isöcisch sind. Nur sollte man bei der Bezeichnung von Isöcien mit grössern Unterschieden in der Artenliste stets zum Ausdruck bringen, dass es sich um Isöcien und nicht um Synusien handelt.

Mit Leichtigkeit lassen sich diejenigen Isöcien, deren Lebensformen derselben Klasse angehören (bei Isöcien 3.° wenigstens die

der Hauptbestandteile), zu Hauptisöcien vereinigen, die nach der betreffenden Lebensformenklasse zu benennen sind. Dies geschieht zweckmässigerweise nach dem Vorschlag von Moss, indem man an die griechischen Namen die Endung *-ion* oder *-on* anhängt, z. B. *Phanerophytion, Chamaephytion, Nereidion, Endopetrion, Plankton.* Wenn man deutsche Namen vorzieht, mag man mit Kerner von „Gehölz, Gekräut, Gefilz" usw. sprechen. Lateinische Namen halte ich dagegen im Gegensatz zu Brockmann und Rübel aus sprachlichen Gründen für ungeeignet.

Schliesslich kann man die Hauptisöcien zu den Haupttypen des *Ephaptomenon, Rhizumenon* und *Planomenon* zusammenfassen.

b) Topographische = biocœnologische Einheiten.

Ich berücksichtige nur die topographisch-statischen Einheiten, da ich eine gesonderte Benennung der dynamischen für überflüssig erachte. Innerhalb eines Distrikts wird jede Biocœnose durch sämtliche an ihrer Zusammensetzung beteiligten Synusien und Clans und die zwischen diesen obwaltenden Korrelationen charakterisiert. Praktisch erscheint eine Benennung nach allen diesen gleichwichtigen Elementen völlig ausgeschlossen. Versuche zu einer derartigen Benennung und Einteilung der Phytocœnosen haben Hult (1881) und in gewissem Grad auch Th. Fries (1913), zu einer entsprechenden der Isocœnosen Raunkiaer und Vahl unternommen. Ihre „Formationssysteme" zeigen das Vergebliche jedes solchen Unterfangens zur Genüge.

Eine Benennung nach einzelnen Arten oder einzelnen Lebensformen allein ist irreleitend, da sie den Anschein erweckt, als handelte es sich um Synusien oder Isöcien, und da ferner dieselbe Art und Synusie in sehr verschiedenen Biocœnosen dominieren kann (vgl. z. B. Beck 1902). Das ist eines der Hauptargumente von Moss und Tansley gegen die „Formationen" Warmings, die aber eben ursprünglich keine Phytocœnosen, sondern Isöcien und Hauptisöcien sind.

Da es sich um topographische Einheiten handelt, liegt es am nächsten, den Standort zur Bezeichnung zu wählen, wie es mit andern auch Clements 1902 getan hat, allerdings in so gründlicher Weise, dass sich mancher entsetzt davon abwendet. Dass Clements späterhin eine gewisse Abrüstung vorgenommen hat, verdient alle Anerkennung. Alle Standorte mit lateinischen und griechischen Namen zu belegen ist verfehlt. Und auf welche Merkmale soll man abstellen? den Wassergehalt (Warming), den Nährstoffgehalt (Graebner), die Temperatur? Gegen alle derartigen Versuche wenden sich Brockmann und Rübel (1912) mit vollem Recht. Eine Bezeichnung nach

dem Standort erfordert ausserdem eine Angabe des betreffenden Florengebietes, um die Einheit als Biocœnose im Gegensatz zu den Isocœnosen erkennen zu lassen.

Sieht man sich veranlasst, Kunstnamen einzuführen, sei es, dass keine geeigneten Volksnamen für die betreffende Biocœnose vorhanden sind, oder aus andern Gründen, so begnüge man sich mit so wenigen und so natürlichen Neuschöpfungen als möglich.

Zur Erbauung derer, die da glauben, griechische und lateinische Wörter aufs Geratewohl zusammensetzen zu sollen, stehe hier ein Urteil des alten Willdenow:

„Aus zwey griechischen Wörtern soll man eines machen, und diesem einen lateinischen Ausgang geben?! — Welche Barbarey! Wahrlich um nichts geringer als die meisten dieser Nahmen selbst barbarisch geworden sind! Die *Graeculi*, die diese Worte aus der griechischen Sprache zusammenzustoppeln sich nicht entblödeten, sollen erst griechisch declinieren lernen, ehe sie es wagen, ein neues griechisches Wort zu bilden; und dann werden sie durchdrungen werden von heiliger Ehrfurcht für die Sprache der Hellas . . . . . „Es ist mir", sagte mir ein Samier öfters, der gut deutsch verstand, „es ist mir, so oft ich eines euerer neugebackenen griechischen Wörter lese, als wenn ich eine Maulschelle bekäme. Meine Wangen erglühen statt der eurigen." — Und was gewinnt man bey diesen griechischen Nahmen? Das, dass kein Grieche und kein Deutscher, und kein Franzose und niemand sie versteht, als der, der sie gemacht hat."

Wohl ihm, dass er die schönen Namen von Clements nicht erlebt hat! Und was hätte er wohl zu einem *„Deciduilignosum Fagiontis silvaticae anemonosi nemorosae"* gesagt?

Statt solcher Ungeheuer ziehe ich Vulgärnamen bei weitem vor, die ja für die meisten Biocœnosen aller Gebiete vorhanden und in grosser Zahl bereits in die Literatur eingebürgert sind. Ich folge darin nur Flahault, Engler, Nilsson, Schröter u. a. im Gegensatz zu Warburg, Clements und Diels. Natürlich eignet sich nicht jeder Vulgärname, und man ist stets genötigt, diese Namen genau zu definieren.

Zur genauen Präzisierung der Biocœnosen wird man dem Vulgärnamen in der Regel den Namen der dominierenden Synusie 1.—2.° beifügen, man wird z. B. von einer *Andropogon Gryllus*-Puszta, einer *Bulbilis-Bouteloua*-Plain, einer *Cistus*-Macchie, einem *Racomitrium lanuginosum*-Fjäll usw. sprechen. Alle mit *-etum* oder *-osum* gebildeten Namen muss ich für topographische Einheiten als missverständlich und überflüssig ablehnen.

Die Polemik von Diels gegen die Volksnamen richtet sich wohl weniger gegen ihre Verwendung zur Bezeichnung von Biocœnosen als gegen die zur Bezeichnung von Isocœnosen. Darin muss ich ihm beistimmen. Wörter wie Steppe, Macchie, Garigue (vgl. Rübel 1915), Lande, Sansouire, Fjäll, Hölja, Wysse sollten nur für die Biocœnosen derjenigen Gebiete gebraucht werden, aus denen diese Bezeichnungen stammen. Man wird eine korsikanische Macchia nicht als „Chaparral" bezeichnen und einen kalifornischen Chaparral nicht als „Macchie", die amerikanischen Plains nicht als „Puszta", die Ericaceenheiden der Alpen nicht als „Fjäll" oder „Lynghed" usw.

Wir sind da öfters auf Kunstnamen angewiesen, denn das Volk kennt keine Isocœnosen. Eine Benennung nach dem Standort ist aus schon angeführten Gründen kaum angängig. Den besten Ausdruck für die Gesamtheit der Standortsfaktoren gibt, wie Brockmann und Rübel (1912) ausführen, die Physiognomie, d. h. die vorherrschende Lebensform. Ich sehe darin keinen Übelstand, dass man die Isocœnosen gleich bezeichnet wie die Isöcien. Von diesen wird man ja nur solche benennen, die entweder für sich Biocœnosen bilden oder in solchen dominieren. Man könnte sich fragen, ob man etwa zur griechischen Bezeichnung der Isocœnosen nach den Lebensformen eine andere Endung als für die Isöcien brauchen solle. Das scheint mir kaum nötig. Die Namen seien so schlicht als möglich. Es existieren einige allgemeinverständliche Namen für Isocœnosen: eine solche, in der ein *Phanerophytion* dominiert, ist ein „Gehölz", eine solche, in der ein *Hemikryptophytion* dominiert, eine „Wiese". Wo solche Namen vorhanden sind, soll man sie unbedingt brauchen. Wer will, mag statt Wald oder forest „*Hyle*" oder „*silva*" sagen, es ist aber recht überflüssig (vgl. Tansley 1913). Wer überhaupt eine deutsche Arbeit lesen kann, dem besagt „Wiese" mindestens soviel als „*Poium*" oder „*Pratum*", „Moor" mindestens soviel als „*Oxodion*". Wer eine englische lesen kann, versteht „beech-forest" so gut als „*Phego-Hylium*" oder „*silva fageti*", „*Taxodium*-swamp" so gut als „*Helohylium taxodieti*". Wer die skandinavische Literatur benutzen kann, dem sagt „*Ericifruticetum calluneti vulgaris*" weniger als „*Calluna*-hed" oder „*Aquipratum calliergeti straminei*" weniger als „*Calliergon stramineum*-kärr". Wo sich gute Kunstnamen wie „*Plankton*" und „*Pleuston*" völlig eingebürgert haben, wird man diese selbstverständlich beibehalten.

So wie man Synusien dadurch bezeichnen kann, dass man die Namen der Isöcien durch Artnamen präzisiert, kann man auch zur

Bezeichnung der Biocœnosen die Isocœnosen benutzen, wie gerade die eben angeführten Beispiele zeigen. Wo gute Volksnamen vorhanden sind, sind diese unbedingt vorzuziehen, denn sie beziehen sich auf die Biocœnosen als ganzes, während die Namen der Isöcien nur von den herrschenden Synusien begleitet sind. Jede Biocœnose eines Gebietes ist gewissermassen eine persönliche Individualität, die einen Eigennamen verdient, nicht nur einen Gattungsnamen. Dabei ist unter „Gebiet" das ganze Areal zu verstehen, in dem die betreffende einheitliche Biocœnose vorkommt.

Die Aufstellung der Isocœnosen stellt bereits eine so weitgehende Abstraktion dar, dass es mir nicht ratsam erscheint, diese zu noch höheren Einheiten zusammenzufassen, als zu den Hauptisocœnosen, die den Hauptisöcien und den Lebensformenklassen entsprechen.

Die Benutzung der Schlussdichte, nach der Kerner „Dickichte und Lückichte", Brockmann und Rübel „Wiesen und Einöden" unterscheiden, muss ich grundsätzlich verwerfen. Wenn man eine solche bei den „Bodenwiesen" durchführt, müsste man das auch bei den „Wasserwiesen" usw. tun, wobei das Unnatürliche dieses Vorgehens sofort klar würde.

Will man die Hauptisocœnosen noch weiter zusammenfassen, so ergeben sich wiederum die Vegetationstypen des *Ephaptomenon, Rhizumenon* und *Planomenon*.

VIII. Systematik der Vegetationseinheiten.

a) Das synusiologische System.

Zur Abgrenzung der Synusien kann, wie schon ausgeführt wurde, nur die ganze Artenliste, als bester Ausdruck für die Gesamtökologie, dienen. Dabei sind die Kryptogamen, mindestens die autotrophen, genau so wichtig wie die Phanerogamen. Ihre Vernachlässigung hatte zur Folge, dass man in der Schweiz, im Gegensatz zu Skandinavien, die „Waldtypen" bisher nicht als Synusien erkannt hat. Sofern überhaupt eine Bodenschicht in einem Wald vorhanden ist, ist es an der Hand der Moose leicht, diese einer bestimmten Synusie zuzuweisen, auch wenn infolge Lichtmangels höhere Pflanzen ausgeschlossen sind (vgl. Roth 1891).

Eine natürliche Systematik der Synusien darf sich nur auf die Verwandtschaft gründen, die sich in den Affinitäten äussert. Eine Synusie ist mit allen denjenigen desselben Gebiets nächstverwandt, in die sie bei allmählicher Veränderung eines oder mehrerer ökologischer Faktoren ebenso allmählich übergehen kann. Daraus, dass

die meisten Synusien eine grössere Zahl von Affinitäten besitzen, folgt, dass sie auch aus ebensoviel andern hervorgehen können, dass sie also polyphyletisch sind.

Eine Ausnahme machen die streng zonar angeordneten Synusien. Hier ist die von Clements eingeführte Scheidung von Zonation und Alternation wirklich brauchbar. Eine Synusie, die ausschliesslich in Zonation auftritt, geht in der Regel nur aus einer einzigen hervor und nur in eine einzige über: sie ist also monophyletisch. Hiezu gehören beispielsweise gewisse adnate Synusien (z. B. von Nereïden), die sich stets in mehr oder weniger gesetzmässiger Reihenfolge ablösen, ebenso manche Synusien der Verlandungssukzessionen, also Glieder von Primärserien, vielleicht auch solche gewisser Folgeserien. Sie sind aber in verschwindender Minderheit gegenüber den in Alternation auftretenden Synusien, die wohl durchwegs polyphyletisch sind.

Ein monophyletisches System kann durch einen 2—3 dimensionalen Stammbaum (im Idealfall) dargestellt werden, aus dem sich ohne weiteres eine Zusammenfassung zu höheren Einheiten ergibt. Ein polyphyletisches System wie das der Synusien hat dagegen soviele Dimensionen, als unabhängig variierende affinitätbestimmende Faktoren vorhanden sind. Wenn man als solche einzig Wassergehalt, Temperatur, Licht und Chemismus berücksichtigt, womit natürlich bei weitem nicht alle genannt sind, so kommt man schon zu vier Dimensionen. Daraus folgt, dass das natürliche oder phyletische System der Synusien überhaupt nicht darstellbar ist. Jedes „hierarchische System" der Synusien, und dasselbe gilt auch von den Biocœnosen, ist daher von vornherein zu verurteilen.

Jeder Versuch, nur nach einem einzelnen ökologischen Faktor einzuteilen, ist ungenügend, da alle in gleicherweise verschiedene Synusien bewirken können. Es bleibt somit, wenn man die Synusien eines Gebietes nicht auf die topographischen Einheiten verteilen — was zu vielen Wiederholungen führen würde — oder aufs Geratewohl darstellen will, nichts anderes übrig, als die Synusien in Form eines Bestimmungsschlüssels anzuordnen. Eine solche *Clavis analytica* hat wohl als erster Drude (1890) für das herzynische Bergland aufgestellt, allerdings nicht für die Synusien, sondern für die Phytocœnosen. Für die Hemikryptophytensynusien des Puschlav hat Brockmann (1907 p. 292—295) einen Schlüssel aufgestellt, der als Musterbeispiel dienen kann. Wie bei jedem Bestimmungsschlüssel, ist es ziemlich gleichgültig, in welcher Reihenfolge man die einzelnen Merkmale benutzt. Es müssen dabei ausschliesslich praktische Gründe mass-

gebend sein. In einem Gebiet mit einheitlichem Klima wird man in erster Linie nach den Bodenfaktoren einteilen, in einem andern mit einheitlichem Boden, aber wechselndem Klima nach den Klimafaktoren. So kann Tansley (1913) den von Brockmann und Rübel (1912 p. 9) erhobenen Vorwurf, er habe zur Einteilung der Pflanzengesellschaften Englands ausschliesslich edaphische Faktoren benutzt, mit Leichtigkeit durch den Hinweis entkräften, dass diese eben in einem klimatisch einheitlichen Gebiet in erster Linie massgebend sein müssen.

Einen Fehler begeht man erst dann, wenn man glaubt, alle Abschnitte eines Schlüssels wie die eines hierarchischen Systems benennen zu müssen, während diese doch weitgehend willkürlich und notwendig künstlich sein müssen. Auf einem logischen Grundfehler beruht auch der Versuch, zur Gliederung der Synusien eines einheitlichen Gebietes die Isöcien zu benutzen. Wer diese mit Warming als „Formationen" bezeichnet, darf dieses Wort in einer solchen Gebietsmonographie daher überhaupt nicht brauchen. Diese Konsequenz hat von den Pflanzengeographen der Zürcher Schule einzig Braun gezogen, der folgerichtig den hier einzig zulässigen floristisch-ökologischen Weg einschlägt. Als oberste Einteilung kann man dagegen auch in einem kleinen Gebiet diejenige nach den Lebensformenklassen, also nach den Hauptisöcien vornehmen, wogegen jede Isöcie naturgemäss nur durch eine einzige Synusie vertreten ist. Weitere Vorschriften lassen sich nie und nimmer aufstellen. „Statt sich von vornherein auf eine bestimmte Einteilung festzulegen und die Einzelformationen in ein Prokrustesbett zu spannen, suche man ganz unbekümmert um eine künftige Einteilung zunächst einmal die einzelnen Formationen auf und umgrenze sie so natürlich wie möglich. Dann erst folgt die zweite Arbeit, die einzelnen Bausteine zu einem Geamtgebäude zusammenzulegen" (Gradmann 1909).

Das für die Synusien Ausgeführte gilt natürlich erst recht von den Isöcien. Es kann hier noch viel weniger von einem phyletischen System die Rede sein. Es wird wohl stets genügen, wenn man nach den Lebensformenklassen in Hauptisöcien einteilt. Ein Bestimmungsschlüssel für alle Synusien der Erde würde ganze Bände füllen.

b) Das biocœnologische System.

Die Biocœnosen eines Gebietes ordnet man am zweckmässigsten nach den topographischen (physiographischen) Abschnitten dieses Gebietes an, wie es beispielsweise in der „Vegetation der Erde" von Engler und Drude, für Belgien von Massart (1910) und für das

ganze Rheintal von Lauterborn (1916—18) durchgeführt ist. Eine Anordnung nach Isocœnosen geht für ein einheitliches Gebiet nicht an, da jede Isocœnose darin nur durch eine Biocœnose vertreten ist. Eine hierarchische Gliederung ist aus den für die Synusien auseinandergesetzten Gründen zu verwerfen. Nicht einmal eine Zusammenfassung zu „Hauptisocœnosen" möchte ich für kleinere Gebiete empfehlen, da sie zu unnatürlichen Anordnungen führen würde. Bei den topographischen Einheiten muss die Topographie, die Standortsbeschaffenheit zu ihrem vollen Recht kommen und ausserdem auch die Dynamik.

In einem Küstengebiet wird man die Biocœnosen nach Ufergürteln anordnen (vgl. z. B. Börgesen und Häyrén), im Gebirge nach Höhenstufen und innerhalb dieser nach Standorten. Wenn irgend angängig, wird man die Verbreitung der Biocœnosen kartographisch darstellen.

Zweckmässigerweise wird man innerhalb jeder topographischen Einheit in erster Linie diejenigen Dauercœnosen behandeln, die sich ohne Zutun des Menschen einstellen, soweit solche überhaupt noch nachweisbar sind, und dann diejenigen, die in steigendem Mass menschlichen Eingriffen ihr Dasein verdanken. Es stimmt diese Einteilung im wesentlichen mit denen von Gradmann, Krause, Ostenfeld, Massart, Negri, Bernatsky u. a. überein. Die ohne Zutun des Menschen ausgebildeten Dauercœnosen werden meist als primäre oder „Naturformationen", die andern als sekundäre zusammengefasst (Warming, Tansley, Negri, Cooper u. a.) Während die primären aus Primärserien hervorgehen, entstehen die sekundären aus Folgeserien. Und zwar resultieren die „Halbkulturformationen" einerseits aus normalen Folgesukzessionen, andererseits durch Regeneration von „Vollkultur- und Nebenkulturformationen" („derelikte Formationen" von Bernatsky). Die Vollkultur- und Nebenkulturcœnosen entstehen durch vom Menschen ausgelöste katastrophale Folgesukzessionen. Man wird, was z. B. Moss fordert, die lokalen Sukzessionen möglichst eingehend darstellen, die einerseits zu den Dauercœnosen („chief associations") führen, d. h. die Primärserien, und die andererseits von diesen ausgehen, d. h. die Folgeserien, und unter diesen wieder die normalen, die katastrophalen, soweit solche überhaupt zur Beobachtung gelangten, und die rhythmischen. Eine „vegetative Gliederung des Pflanzenreichs" nach „Entwicklungsreihen" hat übrigens schon Meigen (1896 p. 214—215) vorgeschlagen; er ordnete seine „Formationen" (= Phytocœnosen) zu „Gattungen", „Familien" (= Isocœnosen zur Hauptsache) und „Klassen".

Im Gegensatz zu vielen Autoren vermag ich der Unterscheidung von offenen und geschlossenen Biocœnosen nur einen sehr untergeordneten Wert beizumessen und kann sie zur Haupteinteilung der Lebensgemeinschaften überhaupt nicht annehmen.

Wenn man der Beschreibung der Biocœnosen eine solche der Synusien vorausgehen lässt, kann man sich bei der Schilderung der Biocœnosen kurzfassen und im wesentlichen auf Angabe der darin enthaltenen Synusien und Clans, der zwischen diesen bestehenden Korrelationen und der genetischen Zusammenhänge beschränken. Wenn man nicht Gelegenheit hat, die einzelnen Synusien durch zahlreiche Siedlungsanalysen zu ermitteln, so wird man, wie auch Du Rietz vorschlägt, erst innerhalb der nach den physiographischen Einheiten angeordneten Biocœnosen die darin enthaltenen Synusien beschreiben, soweit sie eben bekannt sind. Im ersten Fall würde dieses Vorgehen zu endlosen Wiederholungen führen, da vielfach dieselbe Synusie in mehreren Biocœnosen auftritt. Gegen das zweite, topographische Verfahren spricht der Umstand, dass dabei die ökologischen Zusammenhänge nicht genügend zum Ausdruck kommen können. Die vorgeschlagene Zweiteilung ist meines Wissens bisher noch nie durchgeführt worden.

Wesentlich andere Methoden wird man bei einer Behandlung der Isocœnosen eines ganzen Florenreiches oder der ganzen Erde befolgen müssen. Während sich die älteren Autoren wie Grisebach mit einer Beschreibung der Biocœnosen der einzelnen Gebiete begnügten, fühlen die heutigen Autoren durchwegs das Bedürfnis, diese zu Isocœnosen zusammenzufassen. Grundlegend war Warmings Lehrbuch (seit 1895).

Während Warming nach dem Wassergehalt der Standorte einteilt, Schimper daneben besonders nach der Temperatur, Graebner nach dem Nährstoffgehalt, sind die Systeme von Drude (1905 und 1913), Diels (1908) und besonders dasjenige von Brockmann und Rübel (1912 und Rübel 1913 und 15) vorwiegend physiognomisch, d. h. sie basieren auf den Lebensformen der in den Phytocœnosen dominierenden Isöcien.

Darin sind wohl heute alle genannten Forscher einig, dass eine Einteilung nach einzelnen Standortsfaktoren nicht genügt, seien diese nun klimatisch (vgl. Drude 1913 p. 154—161) oder edaphisch, dass vielmehr die Lebensformenklassen die Grundlage für das Isocœnosensystem abgeben müssen (vgl. Warming 1915 p. 336 ff.). Es kommt nur darauf an, wie diese begrenzt werden.

In der Auswahl der bewusst oder unbewusst der Einteilung zugrunde gelegten Lebensformenklassen sind nun meines Erachtens Schimper, Warming, Diels und Drude glücklicher gewesen als Brockmann und Rübel. Während die „Gehölze = Lignosa" der natürlichen Lebensformenklasse der Phanerophyten entsprechen, umfassen die „Wiesen = Prata" nicht weniger als sechs solcher, nämlich die Chamæphyten, Hemikryptophyten, Geophyten, Amphikryptophyten, Hydrokryptophyten und Nereïden, die miteinander nicht das geringste zu tun haben. Vollends bei den „Einöden = Deserta" ist von einer Berücksichtigung der Lebensformen keine Rede mehr. Sie umfassen ganz heterogene Dinge. Auch das Phytoplankton („IV. Vegetationstypus") „does not form a very satisfactory fourth horse in the team, and it is difficult to resist the suspicion that it is set up because phytoplancton cannot be got into the other three types, though we think it might be included in Deserta without any much greater stretch of language than that required to bring, we will say a „Nereïdion", into Prata. We cannot in fact congratulate the authors on their experiment in extending the conception of „meadow" to aquatic vegetation." Dieses Urteil Tansleys (1913) unterschreibe ich Wort für Wort.

Natürlich können nicht alle Lebensformenklassen in Isocœnosen dominieren. Diese selbständigen Lebensformenklassen, die der Einteilung zugrunde zu legen sind, und die entsprechenden Hauptisocœnosen sind nun folgende:

1. Nereïden: Nereïdion.
2. Amphinereïden: Amphinereïdion.
3. Epipetren: Epipetrion.[1])
4. Endopetren: Endopetrion.[1])
5. Phanerophyten: Wald (Hyle, Dendrion, silva) und Gebüsch (Thamnion, fruticetum).
6. Chamæphyten: Chamæphytion (Heide, Hochmoor, Tundra usw.)
7. Hemikryptophyten: Wiese (Poion, pratum).
8. Hydrokryptophyten: Hydrophytion (Limnion und Thalassion).
9. Amphikryptophyten: Helophytion und Amphiphytion.
10. Xerogeophyten: Xerogeophytion = Eremion.

[1]) Eine weitere Gliederung der Epipetren („Exolithophyten") und Endopetren („Endolithophyten") nimmt Wetter vor in seiner soeben erschienenen „Ökologie der Felsflora kalkarmer Gesteine" (St. Gallen 1918), er führt jedoch nur neue Namen für die schon von Schröter, Diels und Bachmann unterschiedenen Gruppen ein, ohne neue Tatsachen hiefür beizubringen.

11. Plankton (vgl. Seite 355).
12. Pleuston (vgl. Seite 356).
13. Kryoplankton (vgl. Seite 356).
14. Edaphobien: Edaphon (vgl. Seite 357).
15. Tachyzoen: Tacheion.

Auf Grund dieser 15 Hauptisocœnosen, die in manchem mit den entsprechenden Gruppen von Raunkiaer (1912), Drude (1913 p. 225—232) und Warming (1915 p. 336—339) übereinstimmen, könnte man recht wohl zu einer natürlichen Übersicht über die Isocœnosen der Erde gelangen. Die weitere Einteilung ergibt sich aus dem Seite 339—57 dargestellten System der Lebensformen.

Meine 6. Hauptisocœnose entspricht genau dem IX. Vegetationstypus Drudes. Man hat sich durch den offenkundigen genetischen Zusammenhang zwischen Flachmoor und Hochmoor vielfach zu einer Vereinigung derselben verleiten lassen. Die Hochmoore stehen aber den Heiden und Moostundren bedeutend näher als den Flachmooren (Graebner). Chamæphytien kommen übrigens auch auf kalkreicher Unterlage vor. Das „saure Chamæphytion" kann man mit Moss als „Oxodion" bezeichnen.

Meine 10. Hauptisocœnose entspricht den „Trockeneinöden" bei Brockmann und Rübel, dem VIII. Vegetationstypus Drudes. Man wird einwenden, dass in diesen vielfach Chamæphyten oder selbst Phanerophyten dominieren. Das gilt aber doch wohl nur von den physiognomischen Aspekten: nach Arten- und Individuenzahl dürften wohl stets die zum Teil freilich sehr unscheinbaren Xerogeophyten überwiegen.

Natürlich brauchen z. B. das Epipetrion, das Plankton, Pleuston, Edaphon und Tacheion nicht überall in Biocœnosen zu dominieren, wo sie als Isöcien auftreten, das gilt ja auch von den andern. Die Tachyzœn sind wie die meisten Edaphobien nicht autotroph und somit nicht eigentlich „selbständig", sie können aber doch in topographisch bestimmten Isocœnosen dominieren, wie in der Tiefsee, in Höhlen und im Grundwasser, wo sie auf Nahrung angewiesen sind, die ihnen aus andern Biocœnosen zuströmt.

Indem ich nun diese Abhandlung der Kritik der Fachgenossen unterbreite, möchte ich noch einmal betonen, dass sie niemandem zuliebe oder zuleide geschrieben worden ist, sondern nur darum, um der Vegetationsforschung einen wirklichen Dienst zu erweisen. Für Verbesserungsvorschläge und Richtigstellung von Irrtümern wird der

Verfasser stets dankbar sein und vollauf befriedigt, wenn diese Arbeit auf die künftige Forschung, wenn auch nur in bescheidenstem Mass, fördernd wirken kann.

IX. Zusammenfassung.

I. Als Biocœonologie bezeichne ich die Lehre von der Vegetation im weitesten Sinn, d. h. die Lehre von den Organismengesellschaften im Gegensatz zu der Lehre von den Einzelorganismen. Dieser Begriff deckt sich nicht mit dem der Pflanzen- und Tiergeographie, die nur praktisch — nicht aber logisch — einheitliche Disziplinen sind. Eine Klärung vieler für die Vegetationsforschung wichtiger Begriffe erscheint dringend geboten.

II. Die grössten physiographischen (oder geographischen) Einheiten sind die Breitezonen einerseits, die Floren- und Faunenreiche andererseits. Für die nächsten Einheiten schlage ich, wesentlich im Anschluss an Flahault, folgende Namen vor: Vegetationsbereich, Domäne, Sektor, Distrikt, Subdistrikt (Gau). Die Wörter „Region" und „Zone" sollen wegen ihrer Vieldeutigkeit möglichst vermieden werden. „Gebiet" ist für physiographische Einheiten von unbestimmtem Rang zu reservieren. Die kleinste physiographische Einheit ist nicht der Standort, sondern der „Lebensort". Der Lebensort oder Biotop ist diejenige Raumeinheit, in der alle physikalischen und chemischen Faktoren einheitlich sind. Der „Lebensraum" (bei den höheren Pflanzen = Wurzelort) der meisten pflanzlichen und tierischen Individuen besteht aus mehreren, unter sich verschiedenen Lebensorten. Die Summe aller in einer physiographischen Einheit direkt wirkenden Faktoren wird als „Gesamtökologie" bezeichnet. Diese Faktoren zerfallen in physikalische, chemische und biotische; die Einteilung in klimatische, edaphische und organogene gilt nur für die indirekten Faktoren, also für die Ursachen der direkten.

III. Die Gesamtökologie findet ihren besten Ausdruck in den Lebensformen und Aspekten. Die Lebensform ist die Summe aller einer Art in einem gegebenen Stadium zukommenden rein epharmonischen Merkmale. Die Lebensformen wurden schon von den antiken Biologen zur Einteilung der Organismen benutzt. Sie sind nicht mit den physiognomischen Wuchsformen zu verwechseln, die sich ausser aus epharmonischen auch aus rein konstitutionellen und aus gemischten oder strukturellen Merkmalen zusammensetzen. Nicht alle epharmonischen oder Anpassungs-Merkmale sind für die Klassifikation der Lebensformen gleichwertig. Am wichtigsten ist das

Verhalten zum Lebensraum. Der Ausschluss der niederen Pflanzen und der Tiere von der Lebensformensystematik ist nicht gerechtfertigt. Die massgebenden Merkmale sind nicht so zahlreich, als z. B. von Warming angenommen wurde. Es wird versucht, eine Übersicht über die Lebensformen des gesamten Pflanzen- und Tierreichs zu geben. Die 20 Klassen des neuen Systems verteilen sich auf den adnaten, den radicanten und den erranten Typus (Ephaptomenon, Rhizumenon, Planomenon). Die phænologischen Merkmale (Aspektfolge) sind zu Unrecht teils mit den andern vermengt worden, teils unberücksichtigt geblieben. Sie bilden eine wertvolle Ergänzung der Lebensformen und eignen sich besser als diese zur Charakterisierung der „Pflanzenklimate", namentlich auch der Höhenstufen. Die Aspektfolge ist rein induktiv zu ermitteln durch phænologische Beobachtungen an möglichst vielen einheimischen Arten.

IV. Einen gegebenen einheitlichen Ausschnitt aus der Vegetation bezeichne ich als „Siedlung". Die quantitative Analyse der Siedlungen ist nötig

a) zu praktischen Zwecken,
b) um ein genaues Bild der Vegetation zu geben,
c) zur Erlangung vergleichbarer Verhältniszahlen,
d) zur Feststellung von Veränderungen in der Vegetation.

Es werden die Methoden zur Analyse von radicanten, adnaten und erranten Siedlungen besprochen und auf ihre Anwendbarkeit geprüft. Für die meisten Zwecke ist die Schätzungsmethode vorzuziehen. Sie ist nicht durch die „Formationsstatistik" von Raunkiaer und Lagerberg zu ersetzen.

V. Zur graphischen Darstellung der qualitativen und quantitativen Zusammensetzung von Pflanzengesellschaften aus Lebensformen und Aspekten wird ein neues Verfahren („Phæno-ökologisches Spektrum") in Vorschlag gebracht und dessen Anwendbarkeit an mehreren Beispielen erläutert.

VI. Geschichte und Aufgaben der dynamischen Vegetationsforschung werden anhand von Clements' „Plant Succession" (1916) besprochen und verschiedene in diesem Werk enthaltene Übertreibungen zurückgewiesen. An Stelle der von Cowles und Clements vorgeschlagenen Einteilung der Sukzessionen nehme ich eine solche in säkulare und lokale Sukzessionen vor, welch letztere in Primärserien und Folgeserien zerfallen, und diese wiederum in normale, katastrophale und rhythmische Folgeserien.

VII. Die Einheiten der Vegetation zerfallen in die beiden Gruppen der synökologischen (im engeren Sinn) und der topogra-

phischen. Beide sind gleich berechtigt und gleich notwendig, müssen aber scharf auseinandergehalten werden. Sie sind aber vielfach verwechselt und vermengt worden. Dieselben Bezeichnungen, wie besonders „Formation" und „Assoziation", sind für so verschiedene Begriffe gebraucht worden, dass diese am besten neu zu benennen sind. Die topographischen Einheiten zerfallen in statische und dynamische, bei den ökologischen ist eine solche Scheidung nicht durchführbar. Vor dem Missbrauch der dynamischen Einheiten ist zu warnen. Die ökologischen Einheiten oder „Synusien" werden innerhalb desselben Floren- oder Faunendistrikts durch die vollständige Artenliste charakterisiert, homologe Synusien verschiedener Gebiete (Isöcien) durch ihre Zusammensetzung aus Lebensformen und Aspekten. Die Synusien zerfallen in solche 1. Grades, die aus Individuen einer einzigen selbständigen Art bestehen, solche 2. Grades, die aus mehreren selbständigen Arten von derselben Lebensform bestehen, und solche 3. Grades, die aus verschiedenen Synusien 1. und 2. Grades bestehen, die aber durch so feste Korrelationen mit einander verbunden sind, dass sie eine ökologische Einheit darstellen. Eine topographische Einheit besteht in der Regel aus mehreren durch mehr oder weniger feste Korrelationen verbundenen Synusien und Einzelorganismen („Clans"). Die verschiedenen Schichten der Wälder sind als getrennte Synusien zu betrachten, die nur durch ziemlich schwache Korrelationen verbunden und daher einer weitgehenden Alternanz fähig sind. Die topographische Einheit oder Biocœnose (bei Alleinberücksichtigung der Pflanzen „Phytocœnose") wird innerhalb desselben Distrikts durch die dominierende Synusie charakterisiert, innerhalb verschiedener oder aller Gebiete als Isocœnose durch die dominierende Isöcie. Die Endung -etum soll nur für Synusien 1. bis 2. Grades gebraucht werden. Die Isöcien sind nach den Lebensformen und Aspekten zu benennen. Die Biocœnosen verschiedener Gebiete lassen sich nur unvollkommen homologisieren und werden daher am besten mit Vulgärnamen bezeichnet. Für Isocœnosen sind solche nicht zulässig. Sie sind nach den dominierenden Isöcien zu benennen.

VIII. Das natürliche System der Synusien ist infolge der mannigfachen die Synusien untereinander verbindenden Affinitäten polyphyletisch und daher nicht anders als in Form eines Bestimmungsschlüssels darstellbar. Die Biocœnosen werden am besten nach den physiographischen Einheiten angeordnet. Ein allgemein verbindliches System lässt sich nicht aufstellen. Die Hauptisocœnosen, auf die sich die Isocœnosen verteilen, entsprechen den 15 Klassen selbständiger Lebensformen.

Literaturverzeichnis.

Ausser den zur vorliegenden Untersuchung benutzten Arbeiten (mit Ausnahme solcher rein taxonomischen Inhalts) führe ich auch einige an, die mir unzugänglich waren, deren Studium aber bei weiterer Verfolgung der behandelten Probleme von Vorteil sein kann.

1898 Adamović, L. Die Vegetationsformationen Ostserbiens. Englers bot. Jahrb. XXVI.

1909 — Die Vegetationsverhältnisse der Balkanländer. Vegetation der Erde, hsg. v. Engler u. Drude XI.

1902 Adams, C. C. Southeastern United States as a center of geographical distribution of flora and fauna. Ecol. Bulletin III 115.

1908 — Isle Royale as a biotic environment. An ecological survey of Isle Royale, Lake Superior. State biol. Survey, publ. by Geol. Survey Lansing. Michigan.

1912 — Ecological Studies of Prairie and Forest. Illinois St. Ac. Trans. III.

1916 Amberg, Karl. Der Pilatus in seinen pflanzengeographischen und wirtschaftlichen Verhältnissen. Diss. Zürich. Luzern.

1900 Amberg, Otto. Die von Schröter-Amberg modifizierte Sedgwick-Raftersche Methode der Planktonzählung. Biol. Centralbl. XX 8.

1900 — Beiträge zur Biologie des Katzensees. Diss. Vierteljahrsschr. Nat. Ges. Zürich XLV.

1882 Areschoug, F. W. C. Der Einfluss des Klimas auf die Organisation der Pflanzen, insbesondere auf die anatomische Struktur der Blattorgane. Englers bot. Jahrb. II. Beibl.

1896 — Beiträge zur Biologie der geophilen Pflanzen. Acta R. Soc. Phys. Lund VI.

1875 Arnell, De Skandinaviska löfmossornas Kalendarium. Uppsala.

1910 Arnell, H. W. und Jensen, C. Die Moose des Sarekgebietes. Naturw. Unters. d. Sarekgebirges in Schwedisch-Lappland, geleitet von Dr. A. Hamberg III. Stockholm u. Berlin.

1892 Bachmann, E. Der Thallus der Kalkflechten. Ber. Deutsch. bot. Ges. X.

1904 — Die Beziehungen der Kieselflechten zu ihrem Substrat I. ibid. XXI.

1911 — id. II. Granit und Quarz. ibid. XXIX.

1917 — id. III. Bergkristall und Flint. ibid. XXXV 5.

1915 — Kalklösende Algen. ibid. XXXIII 2.

1916 — Ein kalklösender Pilz. ibid. XXXIV 8.

1911 Bachmann, Hans. Das Phytoplankton des Süsswassers mit besonderer Berücksichtigung des Vierwaldstättersees. Fischer, Jena.

1910 Bäbler, Emil. Die wirbellose, terrestrische Fauna der nivalen Region. Diss. Revue Suisse de Zool. XVIII.

1911 Baumann, Eugen. Die Vegetation des Untersees (Bodensee). Eine floristisch-kritische und biologische Studie. Diss. Zürich. Archiv f. Hydrobiol. Suppl. I. Stuttgart.

1903 Beauverd, Gustave. Observations météorologiques sur la flore locale de Genève. Bull. Herb. Boiss. 2. Sér. III.
1906 — Floraisons hivernales de 1904—1906. ibid. VI.
1910 — Remarques sur quelques cas de la floraison précoce hivernale et printanière de la florule genevoise. Bull. Soc. bot. de Genève. 2. Sér. II 3.
1912 — Floraison hivernale anormale. ibid. IV.
1913 — Nouveaux cas de précocité observés durant l'hiver 1912—1913. ibid. V.
1884 Beck v. Managetta, Günther. Flora von Hernstein in Nieder-Österreich und der weiteren Umgebung. Wien.
1901 — Die Vegetationsverhältnisse der illyrischen Länder. Vegetation der Erde hsg. v. Engler u. Drude IV.
1902 — Über die Umgrenzung der Pflanzenformationen. Österr. bot. Zeitschr. III 11.
1872 Beiche, E. Blütenkalender der deutschen Phanerogamenflora. Hannover.
1880 Berge, Hermann. Pflanzenphysiognomie. Besprechung der landschaftlich wichtigen Gewächse. Berlin.
1904 Bernátsky, J. Anordnung der Formationen nach ihrer Beeinflussung seitens der menschlichen Kultur. Englers bot. Jahrb. XXXIV.
1905 Blanc, L. La végétation aux environs de Montpellier. Bull. Soc. bot. de France. LII.
1905 Blanc, L. et Hardy. La cartographie botanique détaillée, sur les environs de Montpellier pris comme exemple. Bull. Soc. Languedoc. de Géogr.
1879 Blomquist, A. G. Eine neue Methode, den Holzwuchs und die Standortsvegetation bildlich darzustellen. Helsingfors.
1905—08 Börgesen, F. The algae-vegetation of the Faerõese coasts with remarks on the phytogeography. Botany of the Faerões III.
1879 Bonnier, Gaston. Sur quelques plantes annuelles ou bisannuelles qui peuvent devenir vivaces aux hautes altitudes. Bull. Soc. bot. de France XXI.
1879 Bonnier, G. et Flahault, Ch. Observations sur les modifications des végétaux suivant les conditions physiques du milieu. Ann. Sc. nat. Botanique VII.
1906 Bos, H. Zur Kritik der Lehre von den thermischen Vegetationskonstanten. Verh. Bot. Ver. d. Prov. Brandenburg XLVIII.
1915 Boye-Petersen, J. Studier over Danske aërofile Alger. Avec résumé français. Ac. r. d. sciences et lettres de Danmark XII 7, Kopenhagen.
1909 Boysen-Jensen, P. Über Steinkorrosion an den Ufern des Furesö. Internat. Revue d. ges. Hydrobiol. II.
1913 Braun, Josias. Die Vegetationsverhältnisse der Schneestufe in den Rätisch-Lepontinischen Alpen. N. Denkschr. Schweiz. Naturf. Ges. XLVIII.
1915 — Les Cévennes méridionales. Etude phytogéographique. Arch. Sc. phys. et nat. Genève XXXIX.
1918 — Eine pflanzengeographische Exkursion durchs Unterengadin und in den schweizerischen Nationalpark. Beiträge zur geobotanischen Landesaufnahme IV, Zürich.
1913 Braun, J. et Furrer, E. Remarques sur l'étude des groupements de plantes. Bull. Soc. Languedoc. de Géogr. XXXVI.
1906 Brehm, V. Zur Besiedlungsgeschichte alpiner Seebecken. Verh. Ges. deutscher Naturf. u. Ärzte. 71. Vers. 2. Teil.
1911 — Einige Beobachtungen über das Zentrifugenplankton. Internat. Revue d. ges. Hydrobiol. III.
1918 — Das Nannoplankton. Naturw. Wochenschrift XVII 4.

1912 Briggs, L. J. and Shantz, H. L. The wilting coefficient for different plants and its indirect determination. Bureau of Plant Industry Bull., Washington.
1914 — The water requirement of plants. ibid. Bull. 284.
1893 Briquet, John. Les méthodes statistiques applicables aux recherches de floristique. Bull. Herb. Boiss. I 4.
1909 — Sur quelques points de l'histoire écologique des mâquis. Actes Soc. helvét. sc. nat. 92. Sess. Lausanne.
1914 — Le Geranium bohemicum L. dans les Alpes maritimes. Notes biologiques. Arch. sc. phys. et nat. CXIX, Genève.
1815 Brisseau-Mirbel, C. F. Eléments de Physiologie végétale et de Botanique. Paris.
1907 Brockmann-Jerosch, H. Die Flora des Puschlav und ihre Pflanzengesellschaften. Engelmann, Leipzig.
1913 — Der Einfluss des Klimacharakters auf die Verbreitung der Pflanzen und Pflanzengesellschaften. Englers bot. Jahrb. XLIX Beibl. 109.
1914 — Zwei Grundfragen der Paläophytogeographie. ibid. L.
1910 Brockmann-Jerosch, H. und M. Die natürlichen Wälder der Schweiz. Ber. Schweiz. bot. Ges. XIX.
1912 Brockmann-Jerosch, H. und Rübel, Ed. Die Einteilung der Pflanzengesellschaften nach ökologisch-physiognomischen Gesichtspunkten. Engelmann, Leipzig.
1890 Brückner, E. Klimaschwankungen seit 1700 nebst Bemerkungen über die Klimaschwankungen der Diluvialzeit. Geogr. Abh. IV 2.
1904 Bührer, C. Les variations du climat dans les Alpes, spécialement dans le Valais. Bull. Muritbienne XXXIII.
1903—09 Cajander, A. K. Beiträge zur Kenntnis der Vegetation der Alluvionen des nördlichen Eurasiens. Acta Soc. sc. Fennicae XXII—XXVII, Helsingfors.
1909 — Über Waldtypen. Acta forestalia fennica I, Helsingfors.
1913 — Studien über die Moore Finnlands. ibid. II.
1837 De Candolle, Alphonse. Introduction à l'étude de la Géographie botanique.
1855 — Géographie botanique raisonnée. Paris.
1874 — Constitution dans le règne végétal de groupes physiologiques applicables à la Géographie botanique. Arch. sc. phys. et nat., Genève.
1813 De Candolle, Augustin-Pyramus. Théorie élémentaire de la Botanique. Paris.
1869—74 Čelakovsky, L. Prodromus der Flora von Böhmen. Prag.
1896 Chodat, R. Flore des neiges du Col des Escandies. Bull. Herb. Boiss. IV.
1897—98 — Etudes de biologie lacustre. ibid. V—VI.
1897 — Communication préliminaire relative à des algues incrustantes et perforantes. Arch. sc. phys. et nat. II/III, Genève.
1902 — Les dunes lacustres de Sciez et les Garides. Ber. Schweiz. bot. Ges. XII.
1909 — Sur la neige verte du glacier d'Argentière et le Raphidium Vireti Chod. Bull. Soc. bot. de Genève I.
1879 Christ, Hermann. Das Pflanzenleben der Schweiz. Zürich.
1902 Clements, F. E. A System of Nomenclature for Phytogeography. Englers bot. Jahrb. XXXI Beibl. 70.
1904 — The Development and Structure of vegetation. Bot. Survey of Nebraska XIII, Lincoln.
1905 — Research Methods in Ecology. Lincoln.
1907 — Plant Physiology and Ecology. New-York.

1909 Clements, F. E. Plant Formations and Forest Types. Proceed. Soc. Americ. Foresters IV 1, New Haven.
1916 — Plant Succession. An analysis of the development of vegetation. Carnegie Institution of Washington.
1897 Cleve, P. T. A Treatise on the Phytoplankton of the Atlantic and its Tributaries and on the periodical changes of the Plankton of Skagerak. Uppsala.
1900 — The Seasonal Distribution of Atlantic Plankton Organisms. Göteborg.
1906 Comère, J. Observations sur la périodicité du développement de la flore algologique dans la région toulousaine. Bull. Soc. bot. de France. LIII.
1914 — De l'action du milieu considérée dans ses rapports avec la distribution générale des algues d'eau douce. ibid. LX.
1912 Cooper, W. S. The ecological succession of mosses, as illustrated upon Isle Royale, Lake Superior. Plant World XV.
1913 — The climax forest of Isle Royale, Lake Superior, and its development. Bot. Gazette LV 1.
1899 Cowles, Henri Chandler. The ecological relations of the vegetation of the sand dunes of lake Michigan. Bot. Gazette XXVII.
1901 a — The ecology of Chicago and vicinity; a study of the origin, development and classification of plant succession. ibid. XXXI.
1901 b — The influence of underlying rocks on the character of vegetation. Bull. Americ. Bur. Geogr. II.
1909 — Present problems in plant ecology. The trend of ecological Philosophy. Baltimore.
1911 — The causes of vegetative cycles. Bot. Gazette LI.
1911 Crampton, C. B. The Vegetation of Caithness considered in relation to the Geology. Survey and study of Brit. Veget.
1912 — The geological relations of stable and migratory plant formations. Scottish Bot. Review I.
1913 — Ecology, the best method of studying the distribution of species in Great Britain. Proceed. R. Phys. Soc. Edinburgh XIX 2.
1912 Dachnowski, A. The successions of vegetation in Ohio lakes and peat deposits. Plant World XV.
1908 Dahl, F. Kurze Anleitung zum wissenschaftlichen Sammeln und Konservieren von Tieren. 1. Aufl., Leipzig. 3. Auflage 1914.
1908 — Grundsätze und Grundbegriffe der biocönotischen Forschung. Zool. Anzeiger XXXIII.
1911 Davis, W. M. und Braun, G. Grundzüge der Physiogeographie. Teubner, Leipzig.
1898 Delpino, Federico. Studi di Geografia botanica, secondo un nuovo indirizzo. Scienze Naturali VII, Napoli.
1906 Diels, Ludwig. Die Pflanzenwelt von Westaustralien südl. d. Wendekreises. Vegetation d. Erde, hsg. v. Engler u. Drude VII.
1908 — Pflanzengeographie. Sammlung Göschen 389, Leipzig (2. Aufl. 1918).
1914 — Die Algen-Vegetation der Südtiroler Dolomitriffe. Ein Beitrag zur Ökologie der Lithophyten. Ber. Deutsch. bot. Ges. XXXII 7.
1915 — Einige Bemerkungen zur Ökologie des Asplenium Seelosii Leyb. Verh. bot. Ver. Prov. Brandenburg LVI.
1903 Diem, K. Untersuchungen über die Bodenfauna der Alpen. Diss. St. Gallen.

1914 Doflein, F. Das Tier als Glied des Naturganzen. Teubner, Leipzig und Berlin.
1881 Drude, O. Anleitung zu phytophänologischen Beobachtungen in der Flora von Sachsen. Abh. naturw. Ges. Isis, Dresden.
1884 — Die Florenreiche der Erde. Peterm. Mitt.
1886/87 — Atlas der Pflanzenverbreitung, in Berghaus, Physical. Atlas V. Abt., Gotha.
1888a — Die Vegetationsformationen und Charakterarten im Bereich der Flora saxonica. Abh. naturw. Ges. Isis, Dresden.
1888b — Pflanzengeographie, in Neumayers Anleitung zu wissenschaftlichen Beobachtungen auf Reisen, Hannover (2. Aufl. 1891, 3. 1905).
1890a — Über die Principien in der Unterscheidung von Vegetationsformationen, erläutert an der centraleuropäischen Flora. Englers bot. Jahrb. XI.
1890b — Handbuch der Pflanzengeographie. Engelhorn, Stuttgart.
1896 — Deutschlands Pflanzengeographie. Engelhorn, Stuttgart.
1902 — Der hercynische Florenbezirk. Vegetation der Erde VI, Leipzig.
1906 — Die Methode der speziellen pflanzengeogr. Kartographie. Wiss. Ergebn. d. int. bot. Kongr. Wien 1905.
1908 — Die kartographische Darstellung mitteldeutscher Vegetationsformationen. Englers bot. Jahrb. XL Beibl. 93.
1909 — Die Pflanzenwelt der Erde, in Scobel, Geogr. Handbuch 5. Aufl.
1913 — Die Ökologie der Pflanzen. „Die Wissenschaft" Bd. 50, Braunschweig.
1914 — Die Stellung der physiognomischen Ökologie. Englers bot. Jahrb. LII.
1916 — Die physiographische Ökologie der Pflanzengemeinschaften in der sächsischen Flora. Abh. naturw. Ges. Isis, Dresden.
1917 Du Rietz, G. Einar. Några synpunkter på den synekologiska vegetationsbeskrifningens terminologi och metodik. Svensk Bot. Tidskrift XI 1.
1908 Enderlein, Günther. Biologisch-faunistische Moor- u. Dünenstudien. Danzig.
1879—82 Engler, Ad. Versuch einer Entwicklungsgeschichte d. Pflanzenwelt. Leipzig.
1899 — Die Entwicklung der Pflanzengeographie in den letzten hundert Jahren. Humboldt-Centenar-Schr. d. Ges. f. Erdkunde, Berlin.
1901 — Die Pflanzenformationen und die pflanzengeogr. Gliederung der Alpenkette. Notizbl. d. Bot. Gartens zu Dahlem III, App. VII, Berlin.
1908 — Die Vegetationsformationen tropischer und subtropischer Länder in übersichtlicher Zusammenstellung nebst farbigen Signaturen zur Verwendung für Vegetationskarten. Englers bot. Jahrb. XLI 5.
1912 Engler, Ad. u. Gilg, E. Syllabus der Pflanzenfamilien. 7. Aufl. Berlin.
1905 Engler, Arnold. Über Blattausbruch und Blattfall der Lärche und Buche. Schweiz. Zeitschr. f. Forstwesen LVI.
1907 — Über klimatische Varietäten unserer Waldbäume. Mitt. d. schweiz. Zentralanstalt f. d. forstl. Versuchswesen VIII.
1913 — Einfluss der Provenienz des Samens auf die Eigenschaften der forstlichen Holzgewächse. ibid. X.
1907 Ernst, Alfred. Die neue Flora der Vulkaninsel Krakatau. Vierteljahrsschr. Nat. Ges. Zürich LII.
1917 Fehlmann, J. W. Die Bedeutung des Sauerstoffes für die aquatile Fauna. ibid. Festschr.
1903 Fink, B. Some common types of Lichen formations. Torrey Bull. XXX.
1893 Flahault, Ch. Géographie générale du Département de l'Hérault.
1900 — Projet de Nomenclature phytogéogr. Congrès internat. Paris.
1901a — Premier essai de Nomenclature phytogéogr. Bull. Soc. Languedoc. de Géogr.

1901b Flahault, Ch. La Flore et la Végétation de la France, in Coste, H. Flore de la France, Paris.
1894 Flahault, Ch. et Combres, P. Sur la flore de la Camargue et des alluvions du Rhône. Bull. Soc. bot. de France XL.
1910 Flahault, Ch. u. Schröter, C. Phytogeographische Nomenklatur, Berichte und Vorschläge. Nomenclature phytogéographique, rapports et propositions. IIIe Congrès intern. de Bot. Bruxelles.
1892—1904 Forel, F. A. Le Léman. Rouge, Lausanne.
1899 — Les variations périodiques des glaciers. Verh. Schweiz. Naturf. Ges. Thusis (vgl. auch die jährl. Berichte im Jahrb. des S. A. C. seit 1884).
1901 — Handbuch der Seenkunde. Engelhorn, Stuttgart.
1914 Forest, H. de. Recent ecological investigations. Proceed. Soc. of Americ Foresters IX 2, Washington.
1894 Francé, R. H. Zur Biologie des Planktons. Biol. Centralbl. XIV.
1913 — Das Edaphon. Untersuchungen zur Ökologie der bodenbewohnenden Mikroorganismen. München.
1913 Fries, Thore C. E. Botanische Untersuchungen im nördlichsten Schweden. Ein Beitrag zur Kenntnis der alpinen und subalpinen Vegetation in Torne Lappmark. Uppsala.
1906 Fritsch, F. E. Problems in aquatic biology. The new Phytologist. V 7.
1907 — The Role of Algal Growth in the colonisation of new ground and determination of scenery. Geogr. Journal.
1909 Fritsch, F. E. and Rich, F. Biology and Ecology of the Algal flora of Abbot's Pool. The Bristol Nat. Soc. Proceed. II 2.
1845 Fritsch, K. Über die periodischen Erscheinungen im Pflanzenreich. Prag.
1904 Früh, J. und Schröter, C. Die Moore der Schweiz mit Berücksichtigung der gesamten Moorfrage. Franke, Bern.
1911 Fuller, George Damon. Evaporation and plant succession. Bot. Gazette LII.
1914 Furrer, Ernst. Vegetationsstudien im Bormiesischen. Vierteljahrsschr. Nat. Ges. Zürich LIX.
1916 Gams, H. La Grande Gouille de la Sarvaz et les environs. Bull. de la Murithienne XXXIX, Sion.
1919 — Vegetationsstudien am Walliser Rhoneknie. Beitr. z. geobot. Landesaufnahme (in Vorbereitung).
1902 Ganong, W. F. A preliminary synopsis of the Grouping of the Vegetation of the province of New-Brunswick. Bull. Nat. hist. Soc. New-Brunswick XXI.
1904 — The cardinal principles of Ecology. Science XIX.
1915 Goebel, K. Organographie der Pflanzen. 2. Aufl., Jena.
1905 Gola, Giuseppe. Studi di rapporti tra la distribuzione delle piante e la costituzione fisico-chimica del suolo. Ann. di Botanica III 3, Roma.
1900 Gradmann, Rob. Das Pflanzenleben der schwäbischen Alb. Tübingen.
1909 — Über Begriffsbildung in der Lehre von den Pflanzenformationen. Englers bot. Jahrb. XLIII Beibl. 99.
1916 — Wüste und Steppe. Geogr. Zeitschr. XXII 8/9.
1898 Graebner, Paul. Über die Bildung natürlicher Vegetationsformationen im norddeutschen Flachlande. Naturw. Wochenschr. XIII.
1901 — Die Heide Norddeutschlands. Vegetation d. Erde, hsg. v. Engler u. Drude.
1910 — Lehrbuch der allgemeinen Pflanzengeographie. Leipzig.

1902 Gran, H. H. Das Plankton des Norwegischen Nordmeeres. Report on Norwegian Fishery and Marine Investigations II 2, Bergen.
1912 — Plankton, in Handwörterbuch d. Naturwissensch. VII, Jena.
1917 Grebe, C. Studien zur Biologie nnd Geographie der Laubmoose. Hedwigia LIX, Dresden.
1876 Gremblich, P. J. Pflanzenverhältnisse der Gerölle in den nördlichen Kalkalpen. Ber. Bot. Ver. Landshut 1874/75 V.
1903 Grimme, A. Über die Blütezeit deutscher Laubmoose. Hedwigia LII.
1907 Grisch, A. Beiträge zur Kenntnis der pflanzengeographischen Verhältnisse der Bergünerstöcke. Bot. Centralbl. XXII Beih. 2.
1838 Grisebach, A. Über den Einfluss des Klimas auf die Begrenzung der natürlichen Floren. Linnaea XII und Gesammelte Abh. Leipzig 1880.
1866 — Die Vegetationsgebiete der Erde. Peterm. Mitt.
1866 — Der gegenwärtige Stand der Geographie der Pflanzen. Brehms geogr. Jahrb. I.
1872 — Die Vegetation der Erde. (2. Aufl. 1884) Leipzig.
1875 — Pflanzengeographie, in Neumayers Anleitung zu wissensch. Beobachtungen auf Reisen.
1895 Günther, S. Die Phänologie, ein Grenzgebiet zwischen Biologie und Klimakunde.
1866 — Haeckel, Ernst. Generelle Morphologie. Berlin.
1914 Häyrén, Ernst. Über die Landvegetation und Flora der Meeresfelsen von Tvärminne. Acta Soc. pro fauna et flora fennica XXXIX 1, Helsingfors.
1892 Hansteen, B. Algeregioner og Algeformationer. Nyt. Mag. for Naturvidskaben XXXII.
1902 Hardy, M. E. A note upon the methods of botanical Geography. Scottish geogr. Magazine.
1913 — An Introduction to Plant Geography. Oxford.
1905 Harshberger, John W. Suggestions toward phytogeographic nomenclature. Science XXI.
1916 — The vegetation of the New Jersey Pine-barrens. Philadelphia.
1908 Harvey, L. H. Floral Succession in the Prairie-grass Formation of South-Eastern South Dakota. Bot. Gazette XLVI.
1911 Hausrath, Hans. Pflanzengeographische Wandlungen der deutschen Landschaft. Wissenschaft und Hypothese XIII, Leipzig u. Berlin.
1885 Heer, J. J. und Schröter, C. Oswald Heer, Lebensbild eines schweizerischen Naturforschers. Zürich.
1835 Heer, Oswald. Die Vegetationsverhältnisse des südöstlichen Theiles des Cantons Glarus; ein Versuch, die pflanzengeographischen Erscheinungen der Alpen aus climatischen und Bodenverhältnissen abzuleiten. Zürich.
1844 — Aufforderung zur Untersuchung der periodischen Erscheinungen der Pflanzen- und Tierwelt. Verh. d. Naturf. Ges. Zürich.
1909 Hess, Eugen. Über Wuchsformen der alpinen Geröllpflanzen. Diss. Zürich u. Beih. Bot. Centralbl. XXVII Abt. II 1.
1912 Hesse, R. Ökologie der Tiere. Biologie. In Handwörterbuch der Naturwissenschaften I und VII. Fischer, Jena.
1910—14 Hesse und Doflein siehe Doflein.
1904 Hesselman, Henrik. Zur Kenntnis des Pflanzenlebens schwedischer Laubwiesen. Beih. z. Bot. Centralbl.

1882 Hildebrand, F. Die Lebensdauer und Vegetationsweise der Pflanzen, ihre Ursachen und ihre Entwicklung. Englers bot. Jahrb. II.
1881 Hoffmann, H. Vergleichende phänologische Karte von Mittel-Europa. Petermanns Mitt. XXVII.
1879/90 — Nachträge zu der Flora des Mittelrhein. Naturw. Ges. Giessen.
1885 — Resultate der wichtigsten pflanzenphänologischen Beobachtungen in Europa; mit Frühlingskarte. Giessen.
1886 — Phænologische Beobachtungen. Ber. Deutsch. bot. Ges. IV.
1887 — Phænologische Untersuchungen. Programm der Universität Giessen.
1889 — Über den praktischen Wert phænologischer Beobachtungen. Allg. Forst- und Jagdzeitung, Frankfurt.
1884 Hoffmann, H. und Ihne, E. Beiträge zur Phænologie. Giessen.
1881 Hult, Ragnar. Försök till analytisk behandling af växtformationerna. Meddel. Soc. pro fauna et flora fennica VIII.
1883 — Recherches sur les phénomènes périodiques des plantes. Nov. Ac. R. Soc. sc. Upsaliensis III 11, Uppsala.
1885 — Blekinges vegetation. Meddel. Soc. pro fauna et flora fennica XII.
1887 — Die alpinen Pflanzenformationen des nördlichsten Finlands. ibid. XIV.
1885 Hult, R. och Hjelt, Hj. Vegetationen och floran i en del af Kemi Lappmark och Norra Österbotten. ibid. XII.
1807 Humboldt, Alexander v. Ideen zu einer Geographie der Pflanzen nebst einem Naturgemälde der Tropenländer. Tübingen.
1807 — Essai sur la Géographie des Plantes. Paris.
1860 — Ideen zu einer Physiognomik der Gewächse. Ansichten der Natur. Stuttgart.
1914 Huntington, E. The solar hypothesis of climatic changes. Bull. Geogr. Soc. America XXV.
1900 Jaccard, Paul. Méthode de détermination de la distribution de la flore alpine. Compte-rendu Congr. int. de Bot. Paris.
1901 — Distribution de la flore alpine dans le bassin des Drances et dans quelques régions voisines. Bull. Soc. vaud. sc. nat. XXXVII.
1902 — Lois de la distribution florale dans la zone alpine. ibid. XXXVIII.
1902 — Gesetze der Pflanzenverteilung in der alpinen Region, auf Grund statistisch-floristischer Untersuchungen. Flora XC 3.
1908 — Nouvelles recherches sur la distribution florale. Bull. Soc. vaud. sc. nat. XLIV.
1914 — Etude comparative de la distribution florale dans quelques formations terrestres et aquatiques. Rev. gén. bot. XXVI.
1913 Jeswiet, J. Entwickelungsgeschichte der Flora der holländischen Dünen. Diss. Zürich u. Beih. z. Bot. Centralbl. XXX.
1914 — Eine Einteilung der Pflanzen der niederländischen Küstendünen in ökologische Gruppen. Beih. z. Bot. Centralbl. XXXI.
1883—1900 Ihne, Egon. Phänologische Mitteilungen. Ber. Oberhess. Ges. f. Natur- und Heilkunde.
1901—06 — Desgl. Abh. Naturf. Ges. Nürnberg.
1907—11 — Desgl. Hess. Landwirtsch. Zeitung, Darmstadt.
1889 — Über die Schwankungen der Aufblühzeit. Eine phänologische Studie. Bot. Zeitung Nr. 13.
1914 — Phænologisches, in Biologenkalender für 1914, Teubner.

1912 Jónsson, Helgi. The marine Algal Vegetation. The Botany of Iceland. Copenhagen and London.
1863 Kabsch. Pflanzenleben der Erde.
1863 Kerner v. Marilaun, Anton. Das Pflanzenleben der Donauländer. Innsbruck.
1869 — Die Abhängigkeit der Pflanzengestalt von Klima und Boden. Innsbruck.
1888 — Pflanzenleben. (2. Aufl. 1898) Leipzig.
1887 Kerner v. Marilaun, F. Über die Schneegrenze im Gebiet des mittl. Inntals. Wien.
1878 Kjellmann, F. R. Über Algenregionen und Algenformationen im östlichen Skager Rack. Bihang Till K. Svenska Vet. Akad. Handlingar V, Stockholm.
1890 Kihlman, A. Osw. Pflanzenbiologische Studien aus Russisch-Lappland. Acta Soc. pro fauna et flora fennica VI 8.
1908 ff. Kirchner, O., Löw, E. und Schröter, C. Lebensgeschichte der Blütenpflanzen Mitteleuropas. Stuttgart.
1908 Klausener, Carl. Die Blutseen der Hochalpen. Diss. Basel u. Internat. Revue d. ges. Hydrob. u. Planktonkunde III.
1890 Klinge, J. Über den Einfluss der mittleren Windrichtung auf das Verwachsen der Gewässer. Englers bot. Jahrb. XI.
1915 Knopfli, Walter. Einheimische Vogelgesellschaften. Ornitholog. Beobachter.
1916 — Mutmassliche Ausbildung und Geschichte der Vogelgesellschaften des schweiz. Mittellandes. Ornitholog. Jahrb. XXVII 1/2.
1871 Köppen, W. Wärme und Pflanzenwachstum. Bull. Soc. Nat. Moscou XCIII.
1900 — Klassifikation der Klimate. Hettners Geogr. Zeitschr. VI.
1912 Kolkwitz, R. Quantitative Studien über das Plankton des Rheinstroms von seinen Quellen bis zur Mündung. Ber. Deutsch. bot. Ges. XXX.
1914 — Pflanzenphysiologie. Fischer, Jena.
1902 Kolkwitz, R. und Marsson, M. Grundzüge für die biologische Beurteilung des Wassers nach seiner Flora und Fauna. Mitt. Prüfungsanst. f. Wasserversorgung u. Abwasserbeseitigung I. Berlin.
1908 — Ökologie der pflanzlichen Saprobien. Ber. Deutsch. bot. Ges. XXVI.
1909 — Ökologie der tierischen Saprobien. Int. Rev. d. ges. Hydrob- u. Hydrographie II.
1905 Kraepelin, K. Die Beziehungen der Tiere zueinander und zur Pflanzenwelt. (2. Aufl. 1914) Aus Natur u. Geisteswelt, Leipzig.
1911 Kraus, Gregor. Boden und Klima auf kleinstem Raum. Versuch einer exakten Behandlung des Standorts auf dem Wellenkalk. Fischer, Jena.
1891 Krause, Ernst H. L. Die Einteilung der Pflanzen nach ihrer Dauer. Ber. Deutsch. bot. Ges. IX.
1909 — Die felsartigen Halbkulturformationen im Elsass. Bot. Zeitung VIII/IX.
1909 Kupffer, K. R. Pflanzensiedelungen im Lehrforst bei Peterhof. Korrespondenzbl. Naturf. Ver. Riga LII.
1913 — Über eine schematische Darstellung v. Vegetationsformationen. ibid. LVI.
1916 Kylin, Harald och Samuelsson, Gunnar. Några kritiska synpunkter på beståndsanalyser. Skogsvårdsföreningens Tidskrift. Stockholm.
1911—14 Lämmermayr, Ludwig. Die grüne Pflanzenwelt der Höhlen. Denkschr. math.-naturw. Kl. Akad. Wien LXXXVII und XC.
1914 Lagerberg, Torsten. Markflorans analys på objektiv grund. Resumé: Die Analyse der Bodenvegetation auf objektiver Grundlage. Skogsvårdsföreningens Tidskrift, Stockholm.
1916 — „Några kritiska synpunkter" av Kylin och Samuelsson. Ett Gemmäle. ibid.

1915 Lakari, O. J. Studien über die Samenjahre und Altersverhältnisse der Kiefernwälder auf dem nordfinnischen Heideboden. Acta forestalia fennica. Helsingfors.
1914 Lantzsch, K. Studien über das Nannoplankton des Zugersees und seine Beziehungen zum Zooplankton. Diss. Zeitschr. f. wisss. Zool. CVIII.
1901 Lauterborn, R. Die „sapropelische" Lebewelt. Zool. Anzeiger XXIV.
1910 — Die Vegetation des Oberrheins. Verh. d. naturhist.-mediz. Vereins Heidelberg X 4.
1916—18 — Die geograpische und biologische Gliederung des Rheinstroms I/III. Sitzungsber. d. Heidelberger Ak. d. Wiss., Winter, Heidelberg.
1915 Lean, Mac R. C. The ecology of the maritime Lichens at Blakeney Point, Norfolk. Journal of Ecology.
1844 Lecoq, Henri. Traité des plantes fourragères et flore des prairies naturelles de France.
1854—58 — Etudes sur la géographie botanique de l'Europe. Paris.
1909 Le Roux, Marc. Recherches biologiques sur le Lac d'Annecy. Annales de Biologie lacustre II.
1867—69 Linsser. Die periodischen Erscheinungen des Pflanzenlebens. Mém. Ac. sc. St-Pétersbourg VIIe Séc. XI 7 und XIII 8.
1750 Linné, C. v. Philosophia botanica. 3. Aufl. v. C. L. Willdenow, Berlin 1790.
1754 — Stationes Plantarum.
1906 Livingston, B. E. The relation of Desert plants to soil moisture and to evaporation. Carnegie Inst. Washington.
1908 — Evaporation and plant habitats. Plant World XI.
1910 — Operation of the porous cup atmometer. ibid. XIII.
1913 — Climatic areas of the United States as related to plant growth. Proceed. Americ. Philos. soc. LII.
1900 Loeske, L. Die Moosvereine im Gebiete der Flora von Berlin. Abh. Bot. Ver. d. Prov. Brandenburg XLII.
1879 Lœw, E. über Perioden und Wege ehemaliger Pflanzenwanderungen. Linnaea XLII.
1908 Lohmann, H. Untersuchungen zur Feststellung des vollständigen Gehaltes des Meeres an Plankton. Wiss. Meeresuntersuchungen X, Kiel.
1911 — Über das Nannoplankton und die Zentrifugierung kleinster Wasserproben zur Gewinnung desselben in lebendem Zustande. Int. Revue d. ges. Hydrob. u. Hydrogr. IV 1/2.
1838 Lorenz, J. R. Allgemeine Resultate aus der pflanzengeographischen und genetischen Untersuchung der Moore im praealpinen Hügelland Salzburgs. Flora XVI.
1863 — Physikalische Verhältnisse und Verteilung der Organismen im Quarnerischen Golfe. Wien.
1902 Lozeron, Henri. La répartition verticale du Plancton dans le Lac de Zurich. Diss. Zürich.
1904 Magnin, Ant. Les lacs du Jura, Klincksieck, Paris.
1907—10 Massart, Jean. Essai de Géographie botanique des Districts litoraux et alluviaux de la Belgique. Bruxelles.
1908 — Les Aspects de la végétation en Belgique. Bruxelles.
1910 — Esquisse de la Géographie botanique de la Belgique. Recueil de l'Institut bot. Léo Errera. Bruxelles.

1896 Meigen, Fr. Die Besiedelung der Reblausherde in der Provinz Sachsen. Englers bot. Jahrb. XXI.
1917 Melin, Elias. Studier över de Norrländska myrmarkernas vegetation med särskild hänsyn till deras skogsvegetation efter torrläggning. Uppsala.
1898 Merriam, C. Hart. Life zones and Crop zones of the United States. U. S. Dep. Agric. Divis. of biol. Survey. Bull. X, Washington.
1836 Meyen, F. J. F. Grundriss der Pflanzengeographie. Berlin.
1914 Meylan, Charles. Remarques sur quelques espèces nivales de Myxomycètes. Bull. Soc. vaud. sc. nat. L 182.
1815 Mirbel, vgl. Brisseau-Mirbel.
1877 Möbius, Karl. Die Auster und die Austernwirtschaft. Berlin.
1886 — Die Bildung, Geltung und Bezeichnung der Artbegriffe und ihr Verhältnis zur Abstammungslehre. Zool. Jahrb., Abt. f. Syst. I.
1865 Molendo, Ludwig. Moos-Studien in den Algäuer Alpen. Jahresber. Naturh. Ver. Augsburg.
1904/5 Monti, Rina. Limnologische Untersuchuugen über einige italienische Alpenseen. Forschungsber. Biol. Station Plön XI—XII.
1906 — Recherches sur quelques lacs du massif du Ruitor. Ann. Biol. lacustre I 1.
1914 Morton, F. Die biologischen Verhältnisse der Vegetation einiger Höhlen im Quarnerogebiete. Österr. bot. Zeitschr. LXIV.
1915 — Pflanzengeographische Monographie der Inselgruppe Arbe, umfassend die Inseln Arbe, Dolin, S. Gregorio u. Pervicchio samt den umliegenden Scoglien. Englers bot. Jahrb. LIII, Beibl. 116 u. Ber. d. Freien Vereinigung f. Pflanzengeographie.
1907a Moss, C. E. Geographical Distribution of Vegetation in Somerset. R. Geogr. Soc. London.
1907b — Xerophily and the Deciduous Habit. The New Phytologist VI.
1910 — The fundamental units of vegetation. ibid. IX 1/2.
1910 Moss, C. E., Rankin, W. M., Tansley, A. G. The woodlands of England. ib. IX 3/4.
1914 Naumann, Einar. Beiträge zur Kenntnis des Teichnannoplanktons. I. Vorläufige Übersicht einiger Arbeiten aus der Fischereiversuchsstation Aneboda in Südschweden in den Jahren 1911—13. Biol. Centralbl. XXXIV 9.
1917 — II. Über das Neuston des Süsswassers. ibid. XXXVII 2.
1906 Negri, G. La Vegetazione delle Colli di Crea. R. Accad. Sc. Torino.
1914 — Le Unità ecologiche fondamentali in Fitogeografia. ibid. XLIII 3.
1917 Nichols, George E. The interpretation and application of certain terms and concepts in the ecological classification of plant communities. The Plant World XX 10/11.
1907 Nilson, Birger. Die Flechtenvegetation des Sarekgebirges. Naturw. Unters. des Sarekgebirges in Schwedisch-Lappland I 1.
1907 Nilsson, Alb. Några drag ur de Svenska växtsamhällenas utvecklingshistoria. Botan. Notiser.
1901 — Om Sträfvan efter enhet i den växtgeografiska nomenklaturen. ibid.
1902 — Svenska växtsamhällen. Tidskr. för Skogshushällen XXX.
1874 Norrlin, J. P. Öfversigt af Torneå (Muonio) och angränsande delae af Kemi Lappmarkers mossor och lafvar.
1905 Öttli, Max. Beiträge zur Ökologie der Felsflora. Jahrb. St. Gall. Naturf. Ges.
1908 Oliver, F. W. and Tansley, A. G. Methods of surveying Vegetation of a large Scale. The new Phytologist III.

1905 Olsson-Seffer, P. The Principles of Phytogeographic Nomenclature. Bot. Gazette XXXIX.
1901—08 Ostenfeld, C. H. Botany of the Faerões. Copenhagen, Christiania, London.
1905 — Vorschläge zur Einteilung der Hydrophyten. Botanisk Tidskrift XXVII 1, Kjõbenhavn.
1911 Pascher, Adolf. Über Nannoplankton des Süsswassers. Ber. Deutsch. Bot. Ges. XXIX.
1912 — Versuche zur Methode des Zentrifugierens bei der Gewinnung des Planktons. Internat. Rev. d. ges. Hydrobiol.
1905 Pavillard, J. Recherches sur la flore pélagique de l'étang de Thau.
1902 — Essai sur la nomenclature phytogéographique. Bull. Soc. Languedoc. Géogr. XXXV, Montpellier.
1915 Pethybridge and Praeger. Vegetation south of Dublin. Proceed. R. Irish Acad. XXV.
1913 Pool, Raymond John. A study of the vegetation of the sandhills of Nebraska. Diss. Lincoln.
1862 Post, Hampus von. Försök till en systematisk uppställning af växtställena i mellersta Sverige. Stockholm.
1909 Post, Lennart von. Stratigraphische Studien über einige Torfmoore in Närke. Geol. Fören. Förh. XXXI, Stockholm.
1916 — Einige südschwedische Quellmoore. Bull. Geol. Inst. Upsala XV.
1910 Post, L. v. und Sernander, R. Pflanzenphysiognomische Studien auf Torfmooren in Närke. Excurs. A 7 XI. Geol. Congr. Stockholm.
1898 Pound, Roscœ and Clements, F. E. The Phytogeography of Nebraska. I. General Survey (2. Aufl. 1900) Lincoln.
1898 — A Method of Determining the Abundance of secondary Species. Minnesota Bot. Studies II 19.
1909 Quarles van Ufford, L. H. Etude écologique de la flore des pierriers. Thèse Lausanne. Montreux.
1915 Rabanus, Adolf. Beiträge zur Kenntnis der Periodizität und der geographischen Verbreitung der Algen Badens. Ber. Naturf. Ges. Freiburg i. Br. XXI, Naumburg.
1910 Ramaley, Francis. Remarks on some Northern Colorado plant communities. Univ. of Colorado Stud. VII 4.
1915 — The relative importance of different species in a mountain grassland. Bot. Gazette LX 2.
1916 — Quadrat studies in a mountain grassland. ibid. XLII 1.
1916 — Dry grassland of a high mountain park in Northern Colorado. The Plant World XIX 9.
1888 Rambert, Eugène. Les Alpes suisses I. Les plantes alpines. Lausanne.
1901 Ratzel. Der Lebensraum. Eine biogeographische Studie. Tübingen.
1904 Raunkiaer, C. Om biologiske Typer, med Hensyn til Planternes Tilpasning at overleve ugunstige Aarstider. Bot. Tidsskrift XXVII, Köbenhavn.
1905 — Types biologiques pour la géographie botanique. Overs. Danske Vidensk. Selsk. Forh. V.
1906 — Dansk Ekskursionsflora. 2. ed. Köbenhavn og Kristiania.
1907 — Planterigets Livsformer og deres Betydning for Geografien. Kjöbenhavn og Kristiania.

1908 Raunkiaer, C. Livsformernes Statistik som Grundlag for biologisk Plantegeografi. Bot. Tidsskrift XXIX 1, Kopenhagen. Deutsche Übersetzung von Gertrud Tobler in Beih. z. Bot. Centralbl. XXVII 1 (1910).
1909a — Formationsundersögelse og Formationsstatistik. Bot. Tidsskrift XXX 1.
1909b — Livsformen hos Planter paa ny Jord. Danske Vidensk. Selsk. Skrifter VIII 1, Köbenhavn.
1912a — Measuring apparatus for statistical investigations of plant formations. Bot. Tidsskr. XXXIII.
1912b — Formationsstatistike Undersögelser paa Skagens Odde. ibid. XXXIII.
1914 — Sur la végétation des alluvions méditerranéennes françaises. Mindeskrift for Japetus Steenstrup. Köbenhavn.
1885 Reiter, Hanns. Konsolidation der Physiognomik, als Versuch einer Ökologie der Gewächse. Graz.
1912 Renvall, August. Die periodischen Erscheinungen der Reproduktion der Kiefer an der polaren Waldgrenze. Acta forestalia fennica I, Helsingfors.
1912 Resvoll-Holmsen, Hanna. Om vegetationen ved Tessevand i Lom. Videnskapselskapets Skrifter, Kristiania.
1914 — Statistiske Vegetationsundersögelser fra Maalselvdalen i Tromsö Amt. ibid.
1914 Resvoll, Thekla R. Bundvegetationen i vore skoger. Tidsskrift for Skogbruk. Kristiania.
1891 Richter, E. Geschichte der Schwankungen der Alpengletscher. Wien.
1911 Rikli, Martin. Richtlinien der Pflanzengeographie. Fortschr. der naturw. Forschung, herausg. v. E. Abderhalden III, Berlin-Wien.
1913 — Florenreiche, in Handwörterbuch d. Naturwissensch. IV, Jena.
1916 — Zur Kenntnis der arktischen Zwergstrauchheiden. Vierteljahrsschr. d. Naturf. Ges. Zürich LXI.
1891 Roth, Georg. Bewirtschaftung der Wiesen und Verhältnis der Moosvegetation zur Wiesen- und Waldkultur. Forstwirtsch. Zentralbl.
1912 Rübel, Eduard. Pflanzengeogr. Monographie des Berninagebietes. Englers bot. Jahrb. XLVII 1/4.
1912 — The Killarney woods. The new Phytologist. XI 2.
1913 — Ökologische Pflanzengeographie. Handwörterbuch der Naturwissensch. IV. Fischer, Jena.
1914 — Heath and Steppe, Macchia and Garigue. Journ. of Ecology II 4.
1915 — Die auf der „Internat. pflanzengeogr. Exkursion" durch Nordamerika 1913 kennengelernten Pflanzengesellschaften. Englers bot. Jahrb. LIII 3/5.
1915 — Ergänzungen zu Brockmann-Jerosch und Rübels Einteilung der Pflanzengesellschaften. Ber. Deutsch. bot. Ges. XXXIII 1.
1916 — Vorschläge z. geobotanischen Kartographie. Beitr. z. geobot. Landesaufnahme, hsg. v. d. Pflanzengeogr. Komm. d. Schweiz. Naturf. Ges. 1 Zürich und Leipzig.
1917 — Anfänge und Ziele der Geobotanik. Vierteljahrsschr. Nat. Ges. Zürich LXII.
1916 Rübel, Schröter und Brockmann-Jerosch. Programme für geobotanische Arbeiten. Beitr. z. geobot. Landesaufnahme 2. Zürich.
1914 Ruttner, F. Die Verteilung des Planktons in Süsswasserseen. Fortschr. d. naturw. Forschung. Berlin u. Wien.
1916 Samuelsson, Gunnar. Om den ekologiska växtgeografiens enheter. Svensk bot. Tidskr. X 3, Stockholm.

1786 Saussure, Horace Bénédict de. Voyages dans les Alpes. T II. Genève.
1912 Schade, M. Pflanzenökologische Studien an den Felswänden der Sächsischen Schweiz. Englers Bot. Jahrb. XLVIII.
1917 — Über den mittleren jährlichen Wärmegenuss von Webera nutans (Schreb.) Hedw. und Leptoscyphus Taylori (Hook.) Mitt. im Elbsandsteingebirge Ber. Deutsch. bot. Ges. XXXV 6.
1916 Schädel, A. Produzenten und Konsumenten im Teichplankton. Arch. für Hydrobiol. XI.
1885 Schenck, H. Die Biologie der Wassergewächse. Bonn.
1898 Schimper, A. F. W. Pflanzengeographie auf physiologischer Grundlage. (2. Aufl. 1908) Fischer, Jena.
1914 Schorler, B. Die Algenvegetation an den Felswänden des Elbsandsteingebirges. Abh. naturw. Ges. Isis, Dresden.
1823 Schouw, J. F. Grundträk til en alm. Plantegeografi. Köbenhavn.
1823 — Grundzüge einer allgem. Pflanzengeographie. Berlin.
1835 — Esquisse d'un cours sur la Géogr. des plantes. Ann. sc. nat. 2e sér.
1894 Schröter, Carl. Notes sur quelques associations de plantes rencontrées pendant les excursions dans le Valais. Bull. Soc. bot. de France XLI.
1908 — Das Pflanzenleben der Alpen. Raustein, Zürich.
1909 — Über Prinzipien und Methoden der pflanzengeographischen Kartographie. Actes Soc. Helv. sc. nat. Lausanne.
1910 — Über pflanzengeographische Karten. III. Congrès international de Bot. Bruxelles.
1913 — Genetische Pflanzengeographie. Handwörterbuch d. Naturwissensch. IV.
1896 Schröter, C. und Kirchner, O. Die Vegetation des Bodensees I. Bodenseeforschungen, Lindau.
1902 — Desgl. Zweiter Teil.
1856 Schwendener, S. Über die periodischen Erscheinungen in der Natur, insbesondere der Pflanzenwelt. Diss. Zürich.
1854 Sendtner, Otto. Die Vegetationsverhältnisse Südbayerns nach den Grundsätzen der Pflanzengeographie. München.
1891 Sernander, Rutger. Om förekomsten af stenlafvar på gammalt trä. Botaniska Notiser.
1892 — Die Einwanderung der Fichte in Skandinavien. Englers bot. Jahrb. XV.
1894 — Studier öfver de Gotländska Vegetationens Utvecklingshistoria. Bot. Centralbl. VI.
1910 — Die Laxå-Moore. Örsmossen. Guide des Excursions en Suède. XI Geol. Congr. Stockholm.
1912 — Studier öfver lafvarnes biologi I. Nitrofile lafvar. Svensk Bot. Tidskrift IX.
1905 Shantz, Homer Leroy. A Study of the Vegetation of the Mesa region east of Pike's Peak. The Bouteloua Formation. Diss. Chicago. Bot. Gazette XLII.
1911 — Natural vegetation as an indicator of the capabilities of land for crop-production in the Great Plains area. U. S. Dep. of Agric. Bull. 201, Washington.
1911 Shelford, V. E. Physiological Animal Geography. Journ. Morphol. XXII.
1911 — Ecological Succession I—III. Biological Bulletin XXI.
1912 — id. IV. Vegetation and the Control of Land animal Communities. ibid. XXIII 2.
1912 — id. V. Aspects of Physiological Classification. ibid. XXIII 6.

1914 Shelford, V. E. A comparison of the responses of sessile and motile plants and animals. Americ. Nat. XLIII.
1914 — Animal communities in temperate America.
1912 Shelford and Allee, W. C. The Relations of Fishes to Gradients of dissolved Gases. Journ. Experiment. Zool. XIII.
1912 Sherff, E. E. The Vegetation of Skokie Marsh, with reference to subterranean organs and their interrelationship. Bot. Gazette LIII.
1914 Shreve, Forrest. The rôle of wintertemperatures in determining the distribution of plants. American Journal of Botany I 4.
1913 Siegrist, Rudolf. Die Auenwälder der Aare mit besonderer Berücksichtigung ihres genetischen Zusammenhanges mit anderen flussbegleitenden Pflanzengesellschaften. Diss. Zürich. Jahresbericht der Aargauischen Nat. Ges.
1910 Simmons, H. G. Floran och vegetationen i Kiruna. Vetensk. och praktiska undersökningar i Lappland, Stockholm. (vgl. auch Englers bot. Jahrb. XLVIII 1912).
1898 Smith, Robert. Plant Association of the Tay Bassin. Proc. of Perthshire Soc. of nat. sc. II.
1899 — On the Study of Plant Associations. Natural Sc. XIV.
1904 Smith, R. and Smith, W. G. Botanical Survey of Scotland III. Scott. Geogr. Mag. XX.
1905 Solms-Laubach, H. Die leitenden Gesichtspunkte einer allgemeinen Pflanzengeographie. Leipzig.
1913 Stäger, Rob. Beobachtungen über das Blühen einer Anzahl einheimischer Phanerogamen. Beih. z. Bot. Centralbl. XXXI.
1887 Stebler, F. G. und Schröter C. Beiträge zur Kenntnis der Matten und Weiden der Schweiz. Landwirtsch. Jahrb. d. Schweiz I.
1892 — Versuch einer Übersicht über die Wiesentypen der Schweiz. ibid. VI.
1897 — Die Streuewiesen der Schweiz. ibid. XI.
1912/13 — Steiner, Gotthold. Einführung in die Praxis der biologischen Durchforschung unserer süssen Gewässer. Mikrokosmos VI, Stuttgart.
1915 — Das Kryoplankton, die mikroskopische Lebewelt auf Schnee und Eis. ibid. VIII.
1907/08 Steinmann, Paul. Die Tierwelt der Gebirgsbäche. Annales de Biol. lacustre II u. Arch. f. Hydrob. u. Planktonk. III.
1918 Steinmann, P. und Surbeck, G. Die Wirkung organischer Verunreinigungen auf die Fauna schweizerischer fliessender Gewässer. Bern.
1910 Steuer, Adolf. Planktonkunde. Teubner, Leipzig u. Berlin.
1913 Stiasny, Gustav. Das Plankton des Meeres. Samml. Göschen.
1894 Stockmayer, S. Das Leben des Baches. Ber. Deutsch. bot. Ges. XII.
1907 Stopes, M. The xerophytic Character of the Gymnosperms: is it an ecological adaptation? The new Phytologist III.
1917 Suchlandt, Otto. Beobachtungen über das Phytoplancton des Davoser Sees im Zusammenhange mit chemischen und physikalischen Bestimmungen. Diss. Lausanne. Davos.
1904 Tansley, A. G. The problems of Ecology. The new Phytologist.
1911 — Types of British Vegetation. Cambridge.
1913 — A universal classification of plant communities. (Besprechung von Brockmann und Rübel 1912) Journ. of Ecology I 1.

ca. 300 v. Chr. *ΘΕΟΦΡΑΣΤΟΥ ΕΡΕΣΙΟΥ Περὶ φυτῶν ἱστορία.* (Theophrasti Eresii Historia plantarum). Griechische Ausgabe von F. Wimmer. Teubner, Leipzig 1854.

1912 Thienemann, Aug. Der Bergbach des Sauerlandes. Int. Revue d. ges. Hydrogr. Suppl. IV.

1918 — Lebensgemeinschaft und Lebensraum. Naturw. Wochenschr. N. F. XVII 20/21.

1849 Thurmann, Jules. Essai de Phytostatique appliqué à la chaine du Jura. Berne.

1905 Transeau, E. N. Forest Centers of Eastern America. The American Naturalist XXXIX.

1908 — The relation of plant societies to evaporation. Bot. Gazette XLV.

1909 — The relation of the Climatic Factors to Vegetation. Invitation Papers XV of the Bot. Soc. of America, Baltimore.

1910 — A simple vaporimeter. Bot. Gazette IL.

1910 Tschulok, S. Das System der Biologie in Forschung und Lehre. Eine historisch-kritische Studie. Jena.

1825 D'Urville, Dumont. Flore des Malouines. Mém. Soc. Linn. Paris IV.

1906 Vahl, Martin. Bemaerkninger angaaende Lufttemperaturers Anvendelighed i plantegeografiske og zoogeografiske Undersögelser. Meddel. Dansk geol. Forening XII. Köbenhavn.

1911a — Les types biologiques dans quelques formations végétales de la Scandinavie. Bull. Ac. r. d. sc. et lettres de Danmark 5.

1911b — Zones et biochores géographiques. ibid. 4.

1913 — The Growth-forms of some Plant-formations of Swedish Lapland. Dansk Bot. Arkiv I 2.

1910 Vanderlinden, E. Etude sur les phénomènes périodiques de la végétation dans leurs rapports avec les variations climatiques. Recueil de l'Inst. Léo Errera VIII.

1882 Vesque, Julien. L'espèce végétale considérée au point de vue de l'anatomie comparée. Ann. d. sc. nat. 6° sér. XII.

1889—92 — Epharmosis sive materiae ad instruendam anatomiam systematis naturalis I—III. Vincennes.

1913 Vestal, Arthur G. Local distribution of grasshoppers in relation to plant associations. Biolog. Bulletin XXV 3.

1914 — A black-soil prairie station in Northeastern Illinois. Bull. Torrey Bot. Club XLI.

1914 — Prairie-vegetation of a mountain front area in Colorado. Bot. Gazette LVIII 5.

1901 Vogler, Paul. Beobachtungen über die Bodenstetigkeit der Arten im Gebiet des Albulapasses. Ber. Schweiz. Bot. Ges. XI.

1915 Wangerin, Walter. Vorläufige Beiträge zur kartographischen Darstellung der Vegetationsformationenen im nordostdeutschen Flachland unter besonderer Berücksichtigung der Moore. Ber. Deutsch. bot. Ges. XXXIII 4.

1899 Warburg, O. Einführung einer gleichmässigen Nomenclatur in der Pflanzen-Geographie. Geogr. Zeitschr. u. Englers bot. Jahrb. XXIX Beibl. (1900).

1884 Warming, Eugenius. Om Skudbygning, Overvintring og Foryngelse. Festskr. Naturh. Foren. Kjöbenhavn.

1895 — Plantesamfund, Grundträk af den ökologiske Plantegeografi. Kjöbenhavn.

4902 Warming, Eugenius. Lehrbuch der ökologischen Pflanzengeographie. 2. Aufl., bearbeitet v. Graebner. Berlin.
1906 — Dansk Planteväkst I. Strandvegetation. Kjöbenhavn.
1907—09 — Dasselbe II. Klitterne.
1908 — Om Planterigets Livsformer. Festskr. udg. af Universitetet. Kjöbenhavn.
1909 — (mit Vahl, Groom und Balfour) Oecology of plants. An introduction to the study of plant-communities. Oxford.
1914—18 Warming und Graebner, P. Eugen Warmings Lehrbuch der ökologischen Pflanzengeographie. 3. Aufl. Borntraeger, Berlin.
1901—08 Warming, Ostenfeld, Jensen, Börgesen u. a. Botany of the Faeröes based upon danish investigations. Copenhagen, Christiania and London.
1892 Weber, C. A. Über die Zusammensetzung des natürlichen Graslandes in Westholstein, Dithmarschen und Eiderstedt. Schriften d. naturw. Ver. f. Schleswig-Holstein IX, Kiel.
1887 Weiss. Betrachtungen über das gegenwärtige Stadium der Pflanzengeographie. Deutsche bot. Monatsschr. V.
1911 Wesenberg-Lund, C. Grundzüge der Biologie und Geographie des Süsswasserplanktons. Int. Rev. d. ges. Hydrobiol. u. Hydrographie.
1918 Wetter, Ernst. Oekologie der Felsflora kalkarmer Gesteine. Jahrb. d. St.Gall. Naturw. Ges. LV.
1889 Wiesner, J. Zur Erklärung der wechselnden Geschwindigkeit des Vegetationsrythmus. Österr. bot. Zeitung.
1889 — Elemente der wissenschaftlichen Botanik III. Biologie der Pflanzen (2. Aufl. 1902). Wien.
1907 — Der Lichtgenuss der Pflanzen. Leipzig.
1794 Willdenow, Carl Ludwig. Grundriss der Kräuterkunde. Berlin.
1818 — Dass. 5. Aufl. hsg. v. J. A. Schultes, Wien.
1883 Wittrock, Veit Brecher. Om snöns och isens flora. in Nordenskiöld, Studier och Forskningar. Stockholm. Deutsch Leipzig 1885.
1910—11 Woeikoff, A. L'extension du hêtre fonction du climat. Arch. sc. phys. et nat. XXIX—XXX, Genève.
1906 Woodhead, E. W. Ecology of woodland plants in the neighbourhood of Huddersfield. Linn. Soc. Journ. Bot. XXXVII.
1909 Yapp, R. H. On stratification in the vegetation of a Marsh, and its relations to evaporation and temperature. Ann. of Botany XXIII.
1896 Zacharias, O. Quantitative Untersuchungen über das Limnoplankton. Forschungsber. biol. Stat. Plön IV.
1898 — Über die mikroskopische Fauna und Flora eines im Freien stehenden Taufbeckens. Zool. Anzeiger XXI.
1898b — Das Heleoplankton. ibid. XXI.
— Zodda, Giuseppe. Dell'applicazioni di alcuni metodi grafici in geografia botanica. Malpighia XIX.
1900 Zschokke, F. Die Tierwelt der Hochgebirgsseen. Neue Denkschr. Schweiz. Naturf. Ges. XXXVII.
1911 — Die Tiefseefauna der Seen Mitteleuropas. Eine geographisch-faunistische Studie. Abh. z. Internat. Revue d. ges. Hydrob. u. Hydrogr. IV.
1916 — Die Tierwelt der Umgebung von Basel nach neueren Forschungen. Verh. Naturf. Ges. Basel XXVIII 2.

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
Vorwort	293–295
I. Das Wesen der Biocœnologie	296–303
II. Die physiographischen Einheiten	304–311
1. Die höhern physiographischen oder geographischen Einheiten	304–306
2. Standort und Lebensort	306–311
III. Zur autökologischen Systematik	311–367
1. Die Lebensformen als Ausdruck für die Gesamtökologie	311–312
2. Geschichtliches. Theophrast	312–314
Die physiognomische Richtung	315–316
Die ältern ökologischen Systeme	317–319
Die Systeme von Raunkiaer, Warming und Drude	320–329
3. Welche Merkmale kommen für ein natürliches Lebensformensystem in Betracht?	330–339
4. Versuch einer Übersicht über die Lebensformen des gesamten Pflanzen- und Tierreichs	339–341
5. Bemerkungen zu den einzelnen Klassen	341–356
6. Die Bedeutung der phänologischen Aspekte	357–367
IV. Zur quantitativen Siedlungsanalyse	368–393
1. Analyse des Rhizumenons	369–386
2. Analyse des Ephaptomenons	386–389
3. Analyse des Planomenons	389–393
V. Zur Darstellung von Pflanzengesellschaften	393–405
VI. Zur dynamischen Vegetationsforschung	405–420
VII. Die Einheiten der Vegetation	420–466
1. Übersicht über die in Betracht kommenden Begriffe	421–422
2. Homonyme	422–426
3. Diskussion der hauptsächlichen Begriffe	426–460
a) Die synökologischen Einheiten	426–435
b) Die topographisch-statischen Einheiten	435–455
Die Bewertung der Wälder	449–455
c) Die topographisch-dynamischen Einheiten	456–460
4. Benennung der Vegetationseinheiten	460–466
a) Ökologische = synusiologische Einheiten	460–463
b) Topographische = biocœnologische Einheiten	463–466
VIII. Systematik der Vegetationseinheiten	466–473
a) Das synusiologische System	466–468
b) Das biocœnologische System	468–473
Zusammenfassung	473–475
Literaturverzeichnis	476–492
Inhaltsverzeichnis	493

Geometrische Mitteilungen.

Von

A. KIEFER, Zürich.

(Als Manuskript eingegangen am 28. März 1918.)

Einleitung.

Im folgenden sollen einige geometrische Beziehungen in der Ebene mit solchen im Raum, speziell auf einer Kugel, in Zusammenhang gebracht werden. Diese Idee ist nicht neu. Altbekannt ist die stereographische Projektion, deren Erfindung Hipparch zugeschrieben wird;[1]) die Punkte und Kreise auf einer Kugel werden von einem Punkte der Kugel aus zentral auf eine Ebene projiziert, die auf dem Kugeldurchmesser des Projektionszentrums senkrecht steht. Als Gaspard Monge an zwei und drei Kugeln die gemeinschaftlichen Tangentialebenen legte, fand er, dass die sechs Ähnlichkeitspunkte von drei Kreisen der gleichen Ebene viermal zu dreien auf den vier Ähnlichkeitsachsen liegen, in denen die Tangentialebenen die Kreisebene paarweise schneiden.[2]) Cayley stellte die Kreise einer Ebene durch die hindurchgehenden Nullkugeln im Raum dar und fand, dass die Kreise, welche drei Kreise der Ebene berühren, zu denjenigen Nullkugeln gehören, welche durch die zu den drei Kreisen gehörigen Punkte hindurchgehen.[3]) In seiner inhaltsreichen Zyklographie stellte W. Fiedler die Kreise einer Ebene durch die Spitzen rechtwinkliger Rotationskegel dar, die über den Kreisen als Grundflächen stehen und fand, dass die Schnittpunkte von drei solchen Kegeln Kreise darstellen, welche die Grundkreise der drei Kegel berühren.[4]) Durch Zentralprojektion einer Fläche dritter Ordnung aus einem ihrer Punkte auf eine beliebige Ebene, also durch eine Art stereographisher Pro-

[1]) Handbuch der Mathematik, Physik, Geodäsie und Astronomie. Von Dr. Rudolf Wolf. (Zürich, Fr. Schulthess). Bd. II, S. 150.

[2]) Leçons de géometrie descriptive. (Paris, 1794). 4me éd., n° 44.

[3]) Annali di Matimatica. Bd. 1.

[4]) Zyklographie oder Konstruktion der Aufgaben über Kreise und Kugeln. Von Dr. Wilhelm Fiedler. (Leipzig, B. G. Teubner).

jektion, erkannte Hr. C. F. Geiser einen Zusammenhang zwischen den Geraden der Fläche und den Doppeltangenten der Kurve vierter Ordnung, in welche sich die Fläche projiziert.[1]) Die folgenden Mitteilungen bewegen sich indessen in anderem Rahmen.

I. Der Satz von Pascal.

Bei einem Sechseck, dessen Ecken 1, 2, 3, 4, 5, 6 auf einem Kreis liegen, bestimmen die drei Paar Gegenseiten 1 2, 4 5 und 2 3, 5 6 und 3 4, 6 1 drei Schnittpunkte X, Y, Z, die auf einer Geraden liegen.

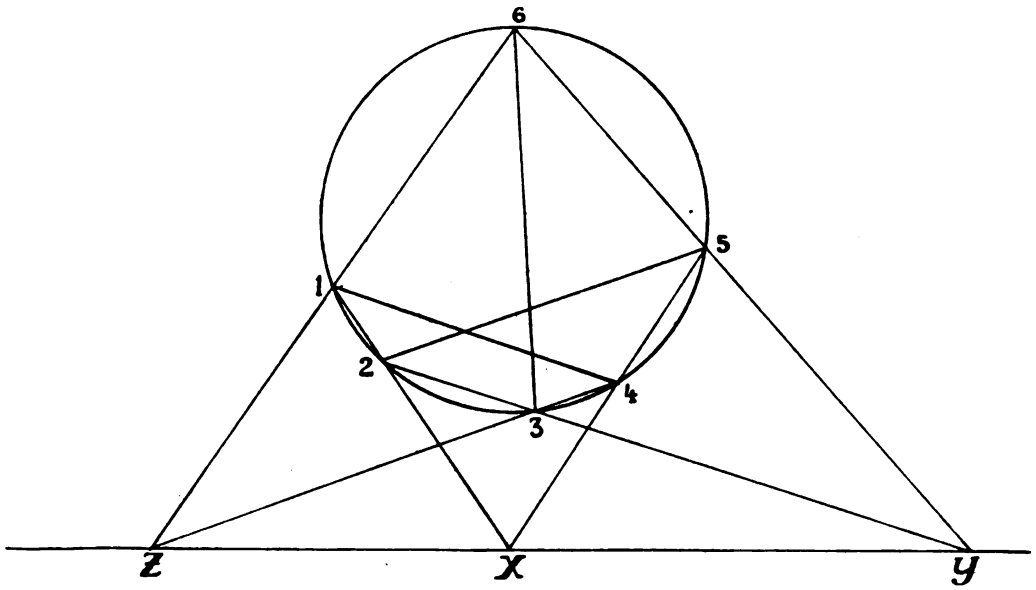


Abb. 1

Über den Strecken 1 4, 2 5, 3 6 als Durchmesser, denke man sich die drei Kreise gelegt, deren Ebenen auf der Zeichnungsebene senkrecht stehen. Diese drei Kreise liegen dann auf der Kugel, welche den gegebenen Kreis zum Grosskreis hat. Man kann die drei Geradenpaare 1 2, 4 5 und 2 3, 5 6 und 3 4, 6 1 als Achsenschnitte der Zeichnungsebene mit drei Kegeln auffassen, die durch je zwei von den drei Kreisen gehen. Nämlich der Kegel 1 2, 4 5 mit der Spitze X geht durch die zwei Kreise 1 4, 2 5, der Kegel 2 3, 5 6 mit der Spitze Y durch die zwei Kreise 2 5, 3 6, der Kegel 3 4, 6 1 mit der Spitze Z durch die zwei Kreise 3 6, 1 4. Denkt man sich auf die drei Kreise im Raum eine gemeinschaftliche Tangentialebene gelegt, so muss sie, weil auf jedem Kegel zwei der drei Kreise liegen, alle drei Kegel berühren. Folglich liegen

[1]) Mathematische Annalen. Bd. 1.

die Spitzen der drei Kegel, das sind die drei Punkte X, Y, Z auf einer Geraden, der Spur jener Tangentialebene.

Die drei Kreise im Raum haben acht gemeinsame Tangentialebenen, die paarweise zur Zeichnungsebene symmetrisch liegen und auf der Zeichnungsebene sich schneiden. Diese vier Geraden sind die Pascallinien von vier Sechsecken, von denen drei aus demjenigen der Abbildung durch Vertauschung von je zwei Ziffern entstehen, nämlich 2 mit 3 und zugleich 5 mit 6, ferner 3 mit 4 und zugleich 6 mit 1, ferner 4 mit 5 und zugleich 1 mit 2.

Projiziert man die drei Kreise auf der Kugel über dem gegebenen Kreis als Grosskreis nach der stereographischen Projektion auf die Zeichnungsebene, so entstehen die drei Kreise, welche den gegebenen Kreis in 1, 4 und 2, 5 und 3, 6 rechtwinklig schneiden; X, Y, Z sind drei zusammengehörige Ähnlichkeitspunkte der drei Kreise und müssen daher auf einer Geraden liegen.[1])

Die räumliche Darstellung des Satzes von Pascal kann benutzt werden, um eine räumliche Vorstellung zu gewinnen über die von Steiner und andern gefundenen Beziehungen zwischen den Pascallinien, die zu den verschiedenen durch die sechs gegebenen Punkte bestimmten einfachen Sechsecken gehören.

II. Der Satz von Brianchon.

Bei einem Sechsseit, dessen Seiten 1, 2, 3, 4, 5, 6 einen Kreis berühren, bestimmen die drei Paar Gegenecken 1 2, 4 5 und 2 3, 5 6 und 3 4, 6 1 drei Verbindungslinien x, y, z, die durch einen Punkt gehen.

Man betrachte die drei Geradenpaare 1, 4 und 2, 5 und 3, 6 als Achsenschnitte der Zeichnungsebene mit drei Kegeln K_1, K_2, K_3, die der Kugel über dem gegebenen Kreis als Grosskreis umschrieben sind. Je zwei dieser Kegel durchdringen sich in zwei Kegelschnitten, die sich senkrecht auf die Zeichnungsebene in Strecken projizieren. Drei dieser Projektionen sind 1 2, 4 5 und 2 3, 5 6 und 3 4, 6 1. Die drei Kegelschnitte müssen sich im Raume in zwei zur Zeichnungsebene symmetrischen Punkten schneiden, die allen drei Kegeln angehören; daher gehen die drei Geraden 1 2, 4 5 und 2 3, 5 6 und 3 4, 6 1, das sind x, y, z, durch einen Punkt, nämlich durch die Projektion jenes Schnittpunktspaares.

Die zwei Durchdringungskegelschnitte der Kegel K_1, K_2 schneiden sich in zwei zur Zeichnungsebene symmetrischen Punkten, deren Pro-

[1]) J. Steiners Vorlesungen über synthetische Geometrie. Erster Teil, bearbeitet von Dr. C. F. Geiser, Die Theorie der Kegelschnitte in elementarer Darstellung 3. Auflage (Leipzig, B. G. Teubner), S. 17.

jektion der Pol R der Verbindungslinie der Kegelspitzen K_1, K_2 ist; ebenso geben die Kegel K_2, K_3 den Pol P und die Kegel K_3, K_1 den Pol Q. Die zwei Durchdringungskegelschnitte der Kegel K_1, K_2 schneiden den Kegel K_3 in acht Punkten, die paarweise zur Zeichnungsebene symmetrisch liegen. Durch jeden von den acht Punkten müssen je drei von den sechs Kegelschnitten gehen. Die Projektionen dieser

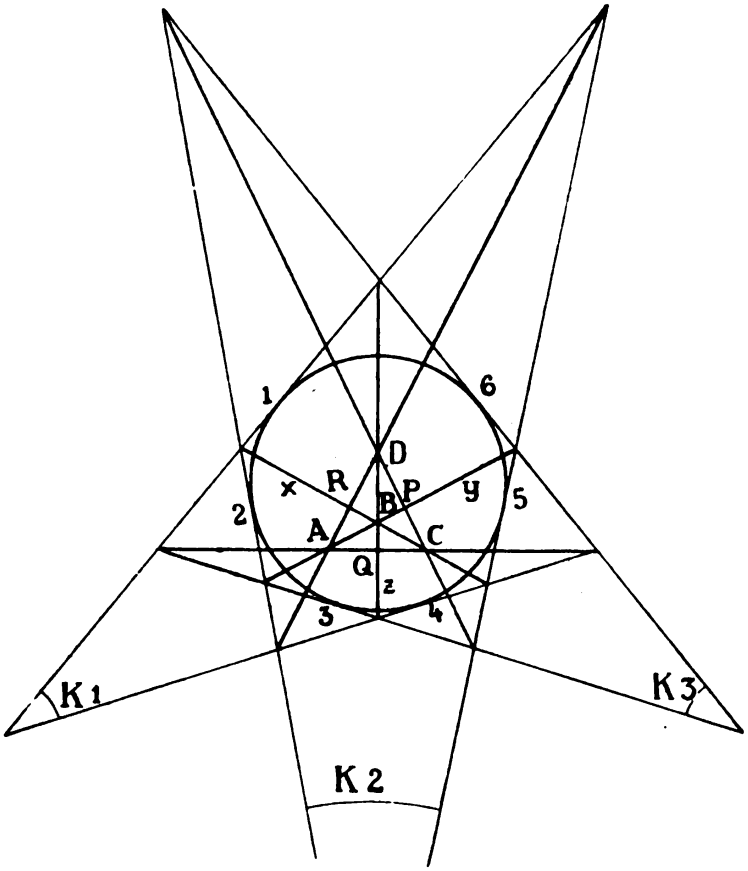


Abb. 2

acht Punkte sind in der Abbildung mit A, B, C, D bezeichnet. B ist der Schnittpunkt von 1 2, 4 5 und 2 3, 5 6 und 3 4, 6 1. Der Punkt A tritt auf, wenn man die Ziffern 2 mit 3 und zugleich 5 mit 6 vertauscht, und ähnlich die andern Punkte.

III. Das Berührungsproblem von Apollonius.

Zu drei in einer Ebene gegebenen Kreisen K_1, K_2, K_3 die acht Kreise zu finden, von denen jeder die drei gegebenen Kreise berührt.

Um den äussern Ähnlichkeitspunkt der Kreise K_1, K_2 lege man ihren Potenzkreis, der durch ihre zwei reellen oder imaginären Schnittpunkte hindurch geht, d. h. zu ihrem Büschel gehört; ebenso lege man den äussern Potenzkreis der Kreise K_2, K_3. Diese zwei Potenzkreise schneiden sich in zwei Punkten U, V (durch welche auch der Potenzkreis von K_3, K_1 hindurchgeht). Betrachtet man U, V als Grenzpunkte eines Kreisbüschels zweiter Art, so sind diejenigen zwei Kreise des Büschels, die irgend einen der drei Kreise, z. B. K_1, berühren, zwei gesuchte Berührungskreise.

Man erhält die Berührungspunkte, Mittelpunkte und Radien dieser Kreise, wie gewöhnlich, wenn die Grundpunkte reell sind, oder auch, indem man durch U, V den Kreis legt, der einen der drei Kreise, z. B. K_1, ortogonal schneidet; die Schnittpunkte sind die Berührungspunkte mit K_1. Die Tangenten in diesen Punkten an den Ortogonalkreis schneiden die Gerade U V in den Mittelpunkten der gesuchten Kreise und die Strecken der Tangenten zwischen Berührungspunkt und Mittelpunkt sind die Radien der zwei Berührungskreise.

Wiederholt man diese Konstruktion für jeden äussern und je einen nicht dazu gehörigen innern Potenzkreis[1]), so erhält man die drei andern Paare berührender Kreise.

Die Konstruktion ergibt sich auf einfache Art durch eine räumliche Überlegung. Angenommen die drei Kreise K_1, K_2, K_3 schneiden sich, so gibt es um ihren Potenzpunkt als Mittelpunkt einen Kreis, der von allen drei Kreisen in Durchmessern geschnitten wird. Legt man die Kugel über diesen Kreis als Grosskreis und projiziert die drei Kreise stereographisch auf die Kugel, so entstehen drei Grosskreise, die acht sphärische Dreiecke begrenzen. Jedes hat einen Inkreis und die stereographischen Projektionen dieser Inkreise auf die Zeichnungsebene sind die acht Berührungskreise der drei gegebenen Kreise. Zu jedem sphärischen Dreieck gehört ein Scheiteldreieck; die sphärischen Pole ihrer zwei Inkreise liegen auf einem Kugeldurchmesser und sind die Schnittpunkte der winkelhalbierenden Grosskreise der Dreieckswinkel. Die Ortogonalkreise durch diese Punkte zu den Seiten der sphärischen Dreiecke geben auf den Seiten die Berührungspunkte mit den Inkreisen; die Tangenten in diesen Punkten an den betreffenden Ortogonalkreis schneiden den Verbindungsdurchmesser der sphärischen Pole in der Spitze des zum Inkreis gehörigen Berührungskegels. Pro-

[1]) Beim Imaginärwerden von Potenzkreisen lässt sich die Potenzlinie gleichwohl konstruieren. Ersetzt man übrigens einen Potenzkreis mit dem Radius $r\sqrt{-1}$ durch den Kreis mit dem reellen Radius r, so wird dieser Kreis im Durchmesser geschnitten.

jiziert man alles stereographisch, so gehen die Halbierungskreise über in die Potenzkreise, indem die Mittelpunkte der letztern die Zentrale im Verhältnis der Radien teilen und also die Ähnlichkeitspunkte sind. Die sphärischen Pole projizieren sich in die Schnittpunkte der Potenzkreise und werden zu Grenzpunkten eines Kreisbüschels zweiter Art, dem die Berührungskreise angehören. Man hat die angegebene Konstruktion.

Aus ihr kann man die Gergonnesche Konstruktion herauslesen. Der Potenzpunkt der drei gegebenen Kreise hat nämlich für die zwei Potenzkreise gleiche Potenz; also geht U V durch ihn. U, V liegen zur Ähnlichkeitsachse symmetrisch; daher hat der Ortogonalkreis durch U, V zu K_1 seinen Mittelpunkt auf der Ähnlichkeitsachse und seine Durchbohrungssehne mit K_1 muss durch den Potenzpunkt der drei Kreise gehen und den Pol der Ähnlichkeitsachse inbezug auf K_1 enthalten. Durch jedes Punktepaar U, V gehen drei Potenzkreise und auf jedem solchen Kreis liegen zwei Punktepaare U, V. Aus der Konstruktion folgen auch ohne weiteres die beiden Plückerschen Lösungen. Die zu dem Kreisbüschel mit den Grenzpunkten U, V gehörigen Grundpunkte sind nämlich die Schnittpunkte der Ähnlichkeitsachse mit dem Ortogonalkreis der drei Kreise, indem ja U, V den Ortogonalkreis harmonisch trennen; daher geht ein gesuchtes Kreispaar durch die zwei Grundpunkte und berührt jeden von den drei gegebenen Kreisen.[1]) Da die Berührungssehne durch den Pol der Ähnlichkeitsachse und den Potenzpunkt der drei gegebenen Kreise geht, so schneiden sich die zwei Tangenten der Berührungspunkte auf der Ähnlichkeitsachse und zwar in ihrem Schnittpunkte mit der Polaren des Potenzpunktes inbezug auf den betreffenden Kreis.[2])

Die Konstruktion lässt sich auch auf planimetrische Art finden. Wenn zwei Kreise K_1, K_2 von einem dritten Kreis berührt werden, so sind die Berührungspunkte inverse Punkte. Ihre Verbindungslinie geht durch den entsprechenden Ähnlichkeitspunkt der zwei Kreise und die Potenz des Ähnlichkeitspunktes inbezug auf den berührenden Kreis ist gleich dem Quadrat des Radius des Potenzkreises; also schneidet der berührende Kreis den Potenzkreis rechtwinklig. Werden drei Kreise von einem vierten Kreis berührt, so muss der letztere die drei entsprechenden Potenzkreise rechtwinklig schneiden und ist

---

[1]) Analytisch-geometrische Entwicklungen, von J. Plücker. (G. D. Baedecker, Essen). 1. Bd. S. 109.

[2]) Dito S. 111. — Auf die von Steiner an verschiedenen Stellen seiner Arbeiten angegebenen, grundlegenden Resultate, die sich auf das Berühren und Schneiden von Kreisen und Kugeln beziehen, sei im allgemeinen verwiesen.

daher ein Kreis des Büschels zweiter Art, das die zwei Schnittpunkte der drei Potenzkreise zu Grenzpunkten hat, w. z. z. w. — Die Konstruktion kann auch dann angewendet werden, wenn die Mittelpunkte der gegebenen drei Kreise auf einer Geraden liegen, wo bekanntlich die Gergonnesche Konstruktion versagt.

Zur Ableitung der Resultate war eingangs dieses Abschnittes angenommen, dass die drei in einer Ebene gegebenen Kreise sich schneiden. Wenn das nicht der Fall ist, so gibt es zu den drei Kreisen einen Ortogonalkreis. Legt man über ihn als Grosskreis eine Kugel, so sind die stereographischen Bilder der drei Kreise auf der Kugel drei Kreise, deren Ebenen auf der Zeichnungsebene senkrecht stehen und deren Durchmesser die Sehnen sind, die der Ortogonalkreis mit den drei Kreisen gemeinsam hat. Die berührenden Kreise zu diesen Kreisen auf der Kugel werden aus der Kugel durch die gemeinsamen Tangentialebenen der drei Kreise heraus geschnitten. Solcher gemeinsamer Tangentialebenen gibt es acht, die paarweise zur Zeichnungsebene symmetrisch liegen und je eine der vier Ähnlichkeitsachsen der drei gegebenen Kreise zur Spur haben. Diese Ähnlichkeitsachse ist daher Potenzlinie für zwei gesuchte Kreise und da ihre Bilder auf der Kugel zur Zeichnungsebene symmetrisch liegen, so ist der Mittelpunkt der Kugel Ähnlichkeitspunkt des Paars gesuchter Kreise in der Ebene. Man hat also die frühern Ergebnisse. Werden von den Ähnlichkeitspunkten der drei gegebenen Kreise an die Kugel Tangentenkegel gelegt, so sind ihre Berührungskreise auf der Kugel die Bilder der Potenzkreise in der Ebene. Diese Bilder schneiden sich zu dreien in Punktepaaren, die zur Zeichnungsebene symmetrisch liegen, ihre entsprechenden Punkte auf der Zeichnungsebene sind die Punkte U, V u. s. f.

Will man zu drei beliebigen Kreisen auf einer Kugel die berührenden Kreise haben, so kann man die drei in einer Ebene gegebenen Kreise mit ihren Berührungskreisen auf eine beliebige Kugel stereographisch projizieren, oder man kann direkt sagen: Zu drei auf einer Kugel gegebenen Kreisen werden die berührenden Kreise durch die gemeinsamen Tangentialebenen der drei Kreise aus der Kugel herausgeschnitten. Die drei Kreise liegen paarweise auf sechs Kegeln zweiten Grades, deren Spitzen zu dreien auf vier Geraden liegen. Die sechs Spitzen sind paarweise die Ähnlichkeitspunkte von je zwei der drei Kugeln, welche die gegebene Kugel in den drei Kreisen ortogonal schneiden, weil je zwei der Kreise für die zwei hindurchgehenden Kugeln inverse Kreise sind. Legt man von den Kegelspitzen die Tangentenkegel an die Kugel, so sind die Berührungskreise auf der

Kugel die Kreise, die den Potenzkreisen entsprechen. Sie schneiden sich in vier Paaren von Punkten, welche die sphärischen Pole von gesuchten Kreisen sind; die letztern sind durch jene Pole bestimmt. Die vier Geraden, auf denen die vier Paar Pole liegen, gehen durch den Schnittpunkt der drei Kreisebenen. Die Pole der acht gesuchten Kreisebenen inbezug auf die Kugel sind die acht Schnittpunkte der drei Kegel, die der Kugel längs der drei Kreise umschrieben sind, und sich paarweise in zwei Kegelschnitten durchdringen; die stereographischen Projektionen der sechs Kegelschnitte enthalten die acht Mittelpunkte der acht Apolloniusschen Berührungskreise in der Zeichnungsebene.

Die Ausdehnung des Berührungsproblems von Apollonius auf den Raum, wo zu vier gegebenen Kugeln sechzehn berührende Kugeln zu finden sind, gestaltet sich folgendermassen. Eine Kugel, welche vier Kugeln berührt, muss die vier entsprechenden Potenzkugeln von je zwei der vier Kugeln ortogonal schneiden. Also ist sie eine Kugel des Büschels zweiter Art, das die zwei Schnittpunkte der vier Potenzkugeln zu Nullkugeln hat. Also: Wenn K_1, K_2, K_3, K_4 die vier Kugeln sind, so legt man um den äussern Ähnlichkeitspunkt von K_1, K_2 ihre Potenzkugel, ebenso für K_1, K_3 und K_1, K_4. Die drei Potenzkugeln schneiden sich in zwei Punkten U*, V*. Betrachtet man diese zwei Punkte als Nullkugeln eines Kugelbüschels zweiter Art, so sind die zwei Kugeln dieses Büschels, welche eine der vier Kugeln berühren, zwei gesuchte Kugeln. Der Kreis durch U*, V*, der zu irgend einer der vier gegebenen Kugeln ortogonal ist, schneidet diese Kugel in ihren Berührungspunkten mit den zwei gesuchten Kugeln; die Tangenten in diesen Punkten an den Ortogonalkreis schneiden die Gerade U*, V* in den Mittelpunkten der zwei gesuchten Kugeln und die Tangentenstücke zwischen Berührungspunkt und Mittelpunkt sind die Radien. Durch geeignete Herbeiziehung der innern Ähnlichkeitspunkte erhält man die andern sieben Paare gesuchter Kugeln.[1]) Es gibt acht Punktepaare U*, V*; jedes trennt die Ortogonalkugel der vier Kugeln harmonisch und seine Verbindungsgerade geht durch den Mittelpunkt der Ortogonalkugel, u. s. f.

[1]) Für ausführliche Anordnung der Ähnlichkeitspunkte, Achsen und Ebenen sehe man: Einleitung in die synthetische Geometrie. Von Dr. C. F. Geiser (Leipzig, B. G. Teubner), S. 105.

IV. Schneiden von drei Kreisen unter gegebenem gleichem Winkel.

Man denke sich wieder eine stereographische Abbildung, z. B. die im vorigen Abschnitt angegebene gemacht, bei der sich die drei Kreise in Grosskreise der Kugel verwandeln. Die drei Grosskreise begrenzen acht sphärische Dreiecke. Für eines derselben denke man sich den Inkreis; dann schneidet jeder Parallelkreis zum Inkreis die Seiten des sphärischen Dreiecks unter gleichem Winkel. Hat dieser Winkel die gegebene Grösse δ, so ist die stereographische Projektion des Parallelkreises ein Kreis, der die drei gegebenen Kreise unter dem Winkel δ schneidet. Um also zu drei Kreisen die Kreise zu finden, die jeden unter dem gegebenen Winkel δ schneiden, sucht man, wie im vorigen Abschnitt die Punkte U, V, betrachtet sie als Grenzpunkte eines Kreisbüschels zweiter Art und sucht seine Kreise, die einen der drei Kreise unter dem Winkel δ schneiden. Man kann die Schnittpunkte auch so finden, dass man durch U, V den Kreis legt, der einen der drei Kreise unter dem Winkel $90^\circ - \delta$ schneidet; die Tangenten in den Schnittpunkten an den Schnittkreis schneiden die Gerade U, V in den Mittelpunkten gesuchter Kreise und die Tangentenstücke sind die Radien.

Die übrigen Punktepaare U, V geben die andern Kreise.

Auch diese Konstruktion ergibt sich planimetrisch, indem ein Kreis, der drei Kreise gleichwinklig schneidet, ihre zugehörigen drei Potenzkreise rechtwinklig schneidet und daher zum Kreisbüschel zweiter Art gehört, das die zwei Schnittpunkte der Potenzkreise zu Grenzpunkten hat.

Analog bei vier Kugeln. Sucht man also für vier Kugeln, wie früher, das Punktepaar U*, V*, betrachtet U*, V* als Nullkugeln eines Kugelbüschels zweiter Art, so schneiden die Kugeln des Büschels, die eine der vier Kugeln unter dem Winkel δ schneiden, alle Kugeln unter diesem Winkel. Ebenso für die andern sieben Punktepaare.

Sind zu vier Kreisen in einer Ebene die gleichwinklig schneidenden Kreise zu finden, so nimmt man für die ersten drei Kreise eines der Punktepaare U, V und sucht zu U, V als Grenzpunkten die zwei Kreise, welche einen von den drei Kreisen und den vierten Kreis gleichwinklig scheiden; es gibt zwei solche Kreise, nämlich die Orthogonalkreise zu den zwei Potenzkreisen eines der drei Kreise und des vierten Kreises. Zu vier Kreisen gibt es demnach acht gleichwinklig schneidende Kreise. — Sind zu fünf Kugeln im Raum die Kugeln zu finden, welche alle gleichwinklig schneiden, so nimmt man eines der Punktepaare U*, V*, das zu den vier ersten Kugeln gehört und sucht

zu U*, V* als Nullkugeln diejenigen Kugeln, welche eine der vier Kugeln und die fünfte Kugel gleichwinklig schneiden. Es gibt zwei solche Kugeln, nämlich die Ortogonalkugeln zu den zwei Potenzkugeln von einer der vier Kugeln und der fünften Kugel. Im ganzen treten demnach sechzehn Kugeln auf, die fünf Kugeln gleichwinklig schneiden.

Die acht Punktepaare U*, V* bestimmen acht Kugelbüschel zweiter Art. Jede Kugel jedes Büschels schneidet die vier gegebenen Kugeln gleichwinklig. Soll der Schnittwinkel ein rechter Winkel sein, so gibt es zu den vier Kugeln bekanntlich nur eine gemeinsame Schnittkugel, die Ortogonalkugel. Damit steht im Einklang, dass die acht Geraden U* V* durch den Potenzpunkt der vier Kugeln gehen und jedes Punktepaar U*, V* die Ortogonalkugel harmonisch trennt.

V. Schneiden von drei Kreisen unter gegebenen ungleichen Winkeln.

Man denke sich wieder die stereographische Projektion ausgeführt, bei welcher die drei Kreise zu drei Grosskreisen der Kugel werden. In einem der acht von den drei Grosskreisen gebildeten sphärischen Dreiecken mit den Winkeln α, β, γ denke man sich einen Kreis gelegt, der die Gegenseiten der Winkel α, β, γ unter den Winkeln $\delta, \varepsilon, \varphi$ schneidet. Verbindet man jetzt den sphärischen Mittelpunkt U′ dieses Kreises mit der Spitze des Winkels α durch einen Grosskreis, so teilt er den Winkel α in zwei Teile α_1, α_2 und eine einfache Überlegung zeigt, dass

$$\frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} = \frac{\sin (90° - \varepsilon)}{\sin (90° - \varphi)};$$

ebenso für die Grosskreise nach den Spitzen der Winkel β, γ und deren Teile

$$\frac{\sin \beta_1}{\sin \beta_2} = \frac{\sin (90° - \varphi)}{\sin (90° - \delta)}, \quad \frac{\sin \gamma_1}{\sin \gamma_2} = \frac{\sin (90° - \delta)}{\sin (90° - \varepsilon)}.$$

Das Produkt dieser Verhältnisse ist 1 und daher sind U′ und sein diametraler Gegenpunkt V′ die Schnittpunkte von drei Grosskreisen, die α, β, γ nach den angegebenen Sinusteilverhältnissen teilen; wenn $\delta, \varepsilon, \varphi$ gegeben sind, so sind für das sphärische Dreieck und sein Scheiteldreieck die Punkte U′, V′ bestimmt, und ebenso für die andern sechs Dreiecke drei weitere Punktepaare. Wenn man $\delta, \varepsilon, \varphi$ ändert, so gehören zu jeder Gruppe dieser drei Winkel vier bestimmte Punktepaare U′, V′ und umgekehrt gehört zu einem Paar diametraler Gegenpunkte U′, V′ eine bestimmte Winkelgruppe $\delta, \varepsilon, \varphi$ mit den andern Paaren. Ein Parallelkreis mit den sphärischen Mittelpunkten U′, V′, der den Grosskreis, der α gegenüberliegt unter dem Winkel δ schneidet,

trifft die zwei andern Grosskreise unter den Winkeln ε, φ. (Sind die drei Winkel δ, ε, φ einander gleich, so gehört zu allen Gruppen in zwei Scheiteldreiecken je ein einziges Punktepaar U', V', gebildet von den sphärischen Mittelpunkten der Inkreise). Projiziert man jetzt stereographisch auf die Ebene der Zeichnung, so verwandelt sich der Grosskreis durch U', V' und die Spitze von α in einen Kreis, der durch die Schnittpunkte von K_2, K_3 hindurch geht und den Schnittwinkel α von K_2, K_3 im Sinusteilverhältnis

$$\frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} = \frac{\sin (90° - \varepsilon)}{\sin (90° - \varphi)}$$

teilt. Der Mittelpunkt O_1 dieses Kreises liegt auf der Zentralen von K_2, K_3. Bezeichnet man die Mittelpunkte der Kreise K_1, K_2, K_3 ebenfalls mit K_1, K_2, K_3 und die Radien mit R_1, R_2, R_3, so zeigt wieder eine einfache Überlegung, dass sein muss

$$\frac{K_2 O_1}{K_3 O_1} = + \frac{R_2 \sin \alpha_1}{R_3 \sin \alpha_2} = + \frac{R_2 \sin (90° - \varepsilon)}{R_3 \sin (90° - \varphi)};$$

analog für die Mittelpunkte O_2, O_3 der Kreise, in welche sich die Grosskreise durch U', V' und die Spitze von β beziehungsweise γ projizieren. Das Produkt der Teilverhältnisse ist $+ 1$ und daher liegen O_1, O_2, O_3 auf einer Geraden, was damit stimmt, dass die Kreise sich in zwei Punkten U, V, den Projektionen von U', V', schneiden. Was nun die Grosskreise durch die Nebenwinkel von α, β, γ anbetrifft, so mögen ihre Bilder die Mittelpunkte O'_1, O'_2, O'_3 haben und es ist

$$\frac{K_2 O'_1}{K_3 O'_1} = - \frac{R_2 \sin \alpha_1}{R_3 \sin \alpha_2} = - \frac{R_2 \sin (90° - \varepsilon)}{R_3 \sin (90° - \varphi)},$$

und analog für O'_2, O'_3. Von diesen drei Punkten liegen je zwei mit dem nicht zugehörigen O_1 oder O_2 oder O_3 auf einer Geraden, weil das Produkt der Teilverhältnisse $+ 1$ ist; das stimmt wieder damit, dass die drei entsprechenden Kreise durch zwei Punkte gehen. Man hat folgende Konstruktion:

Man teilt die Zentrale K_2 K_3 von aussen und innen im Verhältnis

$$\frac{R_2 \sin (90° - \varepsilon)}{R_3 \sin (90° - \varphi)}$$

und ähnlich die andern Zentralen. Die Teilpunkte liegen viermal zu dreien auf einer Geraden. Um zwei der Punkte auf derselben Geraden, legt man die Kreise, die dem Büschel der betreffenden zwei gegebenen Kreise angehören. Die zwei so gefundenen Kreise schneiden sich in zwei Punkten U, V; die zwei Kreise, welche U, V zu Grenzpunkten haben und einen der gegebenen Kreise unter dem zugehörigen gegebenen Winkel schneiden, sind gesuchte Kreise. Die Schnittpunkte eines

solchen mit einem der gegebenen Kreise, z. B. K_1, ergeben sich auch so, dass man durch U, V die Kreise legt, die K_1 unter dem Winkel $90° - \delta$ schneiden. Jede der vier Geraden U V geht durch den Potenzpunkt von K_1, K_2, K_3, und ihr Ortogonalkreis wird von jedem Punktepaar U, V harmonisch getrennt.

Lässt man $\sin(90° - \delta) : \sin(90° - \varepsilon) : (90° - \varphi)$, konstant, so bleiben die Punktepaare U, V fest und für alle Kreise mit diesen Punkten als Grenzpunkten bleiben die obigen Sinusverhältnisse konstant. Ist noch ein vierter Kreis gegeben und soll $\sin(90° - \delta) : \sin(90° - \varepsilon) : \sin(90° - \varphi) : \sin(90° - \psi)$ gegeben sein, wo ψ den Schnittwinkel mit dem vierten Kreis bedeutet, so gibt es zu den vier Kreisen acht derartig schneidende Kreise. Man sucht zum ersten und vierten Kreis die zwei Kreise, die den früheren zu K_1, K_2 gehörigen Kreisen entsprechen und dann mit U, V als Grenzpunkten den Ortogonalkreis zu jedem von diesen zwei Kreisen; ebenso für die andern Punktepaare.[1])

Auch diese Konstruktionen kann man planimetrisch finden. Die Übertragung auf vier und fünf Kugeln im Raum sei dem Leser überlassen. —[2])

---

[1]) Anal.-geom. Entw., von J. Plücker. 1. Bd. S. 123.

[2]) Liegt ein Kreis auf einer Kugel, so liegen alle Kugelkreise, die den ersten rechtwinklig schneiden, in Ebenen durch den Pol der Kreisebene inbezug auf die Kugel; der Ortogonalkreis zu drei Kugelkreisen liegt in der Ebene durch die drei Pole der Kreisebenen; der Ortogonalkreis zu einem Kugelkreis und zwei Grosskreisen liegt in der Ebene, die durch den Pol der Kreisebene senkrecht zum gemeinsamen Durchmesser der zwei Grosskreise gelegt werden kann; der Ortogonalkreis zu drei Grosskreisen ist der imaginäre Kugelkreis im Unendlichen. — Alle Kugelkreise, die einen gegebenen Kugelkreis berühren, liegen in Ebenen durch die Tangenten des Kreises; die Berührungskreise zu drei Kugelkreisen liegen in den acht gemeinsamen Tangentialebenen der drei Kreise. (S. 500) — Legt man bei einem Kugelkreis durch einen Punkt desselben und in seiner Tangentialebene an die Kugel eine Gerade, welche den Kreis unter dem Winkel δ schneidet, und lässt dann diese Gerade um den Kreis rotieren, so beschreibt sie ein Rotationshyperboloid, welches die Kugel längs des Kreises berührt; jede Tangentialebene dieser Fläche schneidet die Kugel in einem Kreis, der den gewählten Kreis unter dem Winkel δ schneidet. Alle Kreise durch einen Kugelpunkt, die den gewählten Kreis unter dem Winkel δ schneiden, liegen in den Tangentialebenen von dem Punkt an das Hyperboloid; diese Ebenen umhüllen einen Kegel zweiten Grades, der die Kugel in einem Kreis durchdringt, und dieser Kreis wird von allen Kreisen berührt, die durch den Punkt gehen und den gewählten Kreis unter dem Winkel δ schneiden; die Kreise, welche durch zwei Kugelpunkte gehen und den gewählten Kreis unter dem Winkel δ schneiden, liegen in den zwei Tangentialebenen, die durch die zwei Punkte an das Hyperboloid gehen. Hat man auf der Kugel zwei Kreise und einen Punkt, so liegen die Kreise, welche die zwei Kreise beziehungsweise unter den Winkeln δ, ε schneiden und durch den Punkt gehen, in den vier Tangentialebenen, die von dem Punkt an die zwei zu den Kreisen gehörigen Hyperboloide gelegt werden können. Hat man auf der Kugel drei Kreise, so liegen die Kreise, welche die drei Kreise beziehungsweise unter den Winkeln δ, ε, φ schneiden.

VI. Zur stereographischen Kugelprojektion.

Als Bildebene einer solchen Projektion sei eine Tangentialebene T mit dem Berührungspunkt A gewählt, dem Gegenpunkt des Projektionszentrums A_1. Ist P ein Kugelpunkt mit dem Bild P', so schneidet die Tangentialebene des Punktes P die Bildebene T in der mittelsenkrechten Geraden p' zu AP', weil die Ebene durch p' und den Mittelpunkt O der Kugel zu A_1P parallel ist. Man kann p' ebenfalls als Bild von P bezeichnen; zu jedem Punkt P der Kugel gehört eine Gerade p' in T und umgekehrt. Bewegt sich P auf einem Kugelkreis, so umhüllt die zugehörige Gerade p' einen Kegelschnitt, nämlich den Schnitt der Ebene T mit dem Kegel, der die Kugel längs des Kreises berührt. Dieser Kegelschnitt hat A zum Brennpunkt; denn der Kegel, dessen Spitze S der Pol der Kreisebene ist, hat die Kugel zur Dandelinschen Kugel. Aus dem gleichen Grunde ist die Spur der Kreisebene die zu A gehörige Leitlinie des Kegelschnittes. Wählt man umgekehrt in T irgend einen Kegelschnitt mit dem Brennpunkt A und legt durch jede Tangente des Kegelschnittes die Tangentialebene an die Kugel, so ist der Ort des Berührungspunktes ein Kreis. Der

in den acht gemeinsamen Tangentialebenen der drei Hyperboloide, die zu den drei Kreisen und den Winkeln δ, ε, φ gehören; die Pole der Schnittkreisebenen inbezug auf die Kugel sind die acht Schnittpunkte der zu den drei Hyperboloiden gehörigen Polarflächen inbezug auf die Kugel. — Eine stereometrische Darstellung für das Schneiden von vier Kreisen auf einer Kugel durch einen fünften Kreis unter gleichen Winkeln ist auf S. 250 der Cyklographie von W. Fiedler angegeben; die acht gesuchten Kreisebenen sind die acht Ähnlichkeitsebenen der vier Kugeln, welche die gegebene Kugel in den vier Kreisen ortogonal schneiden. — Hart hat nachgewiesen, dass bei einem sphärischen Dreieck der Inkreis und die drei Ankreise von einem fünften Kreis berührt werden, der dem Feuerbachschen Kreis analog ist. Legt man durch den Inkreis und die drei Ankreise die Ortogonalkugeln zu der Kugel des sphärischen Dreieckes, so geht die Ebene des Hartschen Kreises durch die drei äussern Ähnlichkeitspunkte der Ankreiskugeln und die drei innern Ähnlichkeitspunkte der Inkreiskugel und je einer Ankreiskugel. Durch stereographische Projektion folgt aus dem Satze von Hart, dass die acht Apolloniusschen Kreise zu drei Kreisen in der Ebene in acht Gruppen zu vier Kreisen zerfallen, so dass die vier Kreise jeder Gruppe von einem fünften Kreis berührt werden. Ein Kreis einer solchen Gruppe ist beliebig; die drei andern berühren je zwei der gegebenen Kreise gleichartig wie der gewählte Kreis und den dritten ungleichartig wie der gewählte Kreis. Der Inkreis eines sphärischen Dreieckes und derjenige seines Scheiteldreieckes liegen auf einem Kegel mit der Spitze im Kugelmittelpunkt. Solcher Kegel gibt es vier und aus ihnen kann man sechs Gruppen zu zweien bilden. Die zwei Kegel einer Gruppe berühren die drei Grosskreisebenen und haben daher noch eine vierte gemeinsame Tangentialebene; sie schneidet die Kugel in einem Grosskreis, welcher die vier Inkreise auf den zwei Kegeln berührt. Also für die Ebene: die acht Apolloniusschen Kreise ordnen sich in sechs Gruppen zu vieren, wobei die vier Kreise einer Gruppe zwei Paare konjugierter Kreise sind, so dass die vier Kreise jeder Gruppe von einem fünften Kreis berührt werden; diese sechs Kreise schneiden den Ortogonal oder Durchmesserkreis der drei gegebenen Kreise rechtwinklig oder im Durchmesser. Salmon-Fiedler, Anal. Geom. d. Kegelschn. Art. 163.

andere Brennpunkt des Kegelschnittes ist der Mittelpunkt S′ der stereographischen Projektion des Kreises; denn die Geraden p′ sind die Mittelsenkrechten zu den Strecken von A nach den Punkten P′ der Kreisprojektion. Die auf AS′ gelegene Achse des Kegelschnittes ist gleich dem Radius der Kreisprojektion. Der Mittelpunkt M des Kegelschnittes kann so gefunden werden, dass man die Ebene des Kugelkreises mit AA_1 schneidet, den Schnittpunkt mit S verbindet und die Verbindungslinie mit T schneidet; denn wegen harmonischer Strahlen geht die Linie durch die Mitte von AS′. Die Asymptoten des Kegelschnittes sind parallel zu den Kugeltangenten, die von S aus parallel zu T an die Kugel gehen; denn die Tangentialebenen längs dieser Tangenten an den Berührungskegel schneiden T in Tangenten des Kegelschnittes mit unendlich fernen Berührungspunkten. Der Kegelschnitt wird also Hyperbel, wenn S zwischen T und der parallelen Tangentialebene in A_1 liegt und er wird Ellipse, wenn S ausserhalb der zwei Ebenen liegt. Befindet sich S in der Tangentialebene des Punktes A_1, so wird der Kegelschnitt Parabel und befindet sich S in T, so wird er zusammenfallendes Linienpaar. Der Kegelschnitt wird gleichseitige Hyperbel, wenn die oben erwähnten Kugeltangenten von S aus auf einander senkrecht stehen. Das ist der Fall wenn $SS_2 : S_1S_2 = \sqrt{2}$ ist, wobei SS_2 das Lot von S auf AA_1 und S_1 den Schnittpunkt des Lotes mit der Kugel bezeichnet; d. h. der Ort der Punkte S, für welche der zugehörige Kegelschnitt gleichseitige Hyperbel ist, ist ein Rotationsellipsoid mit AA_1 als Achse und mit dem Äquatorradius $r\sqrt{2}$, wobei r den Kugelradius bedeutet. Ersetzt man $\sqrt{2}$ durch ein anderes Verhältnis, so entsteht ein Rotationsellipsoid, zu dessen Punkten ähnliche Hyperbeln gehören und ersetzt man $\sqrt{2}$ durch ein imaginäres Verhältnis, so entsteht ein Rotationshyperboloid mit AA_1 als Achse, zu dessen Punkten ähnliche Ellipsen gehören. Hält man M und damit auch S′ fest, so müssen die Kegelspitzen S auf der Geraden A_1S' liegen; die Kegelschnitte sind konfokal und die zugehörigen Kreise auf der Kugel bilden ein Büschel, dessen Kante die konjugierte Gerade zu A_1S' ist und in der Tangentialebene des Punktes A_1 liegt. Wählt man ein beliebiges Kreisbüschel auf der Kugel, so haben die zugehörigen Kegelschnitte ausser dem Brennpunkt A zwei gemeinsame Tangenten, nämlich die Spuren der Tangentialebenen in den Grundpunkten des Büschels auf der Kugel. Der Berührungspunkt auf einer dieser Spuren, der zu einem Kreis des Büschels gehört, ist der Spurpunkt der Kegelerzeugenden, die auf der Tangente des Kreises im Grundpunht senkrecht steht; das Stück der Erzeugenden zwischen Spurpunkt und Grundpunkt ist gleich der

Kugeltangente vom Spurpunkt bis zum Punkt A. Nimmt man zwei Kreise des Büschels, die sich unter dem Winkel α schneiden, so bilden die Kegelerzeugenden den Winkel $180° - \alpha$ und da die Strecken zwischen Grundpunkt und Spurpunkten gleich den Strecken von A bis zu den Spurpunkten sind, so ist dieser Winkel $180° - \alpha$ gleich dem Winkel unter dem die Spurpunkte d. h. die Berührungspunkte von A aus erscheinen. Sind also irgend zwei Kegelschnitte mit dem Brennpunkt A gegeben, so kann man den Schnittwinkel α der zwei entsprechenden Kreise finden, indem man die zwei gemeinsamen Tangenten der Kegelschnitte legt und die zwei Berührungspunkte irgend einer derselben mit A verbindet; die zwei Linien bilden den Winkel $180° - \alpha$. Der Ort des zweiten Brennpunktes S′ der zu einem Kreisbüschel gehörigen Kegelschnitte ist die Spur der Ebene, welche A_1 mit der konjugierten Geraden zur Büschelkante bestimmt; die zu A gehörigen Leitlinien gehen durch den Spurpunkt der Büschelkante und daher umhüllen die andern Leitlinien eine Parabel. Die stereographischen Projektionen von zwei, in bezug auf die Kugel, konjugierten Geraden stehen auf einander senkrecht. Die zu einem Büschel von Grosskreisen der Kugel gehörigen Kegelschnitte haben ausser dem Brennpunkt A zwei parallele Tangenten gemein und die kleine Achse ist 2 r; die zweiten Brennpunkte liegen auf der Schnittlinie von T mit der Ebene durch A_1 senkrecht zum gemeinsamen Durchmesser der Grosskreise.

Wenn zwei Kreise auf der Kugel sich rechtwinklig schneiden und man legt an die zugehörigen Kegelschnitte die zwei gemeinsamen Tangenten, so werden ihre Stücke zwischen den Berührungspunkten mit den zwei Kegelschnitten von A aus unter rechten Winkeln gesehen, gemäss dem schon über zwei Kreise gesagten. Die Verbindungslinie der zwei Berührungspunkte eines jeden der zwei Kegelschnitte ist die Leitlinie des andern. Zwei konjugierte Kreisbüschel auf der Kugel bilden sich als zwei konjugierte Kegelschnittscharen, mit A als gemeinsamen Brennpunkt ab. Die zu A gehörigen Leitlinien der Kegelschnitte jeder Schar gehen durch einen festen Punkt, den gemeinsamen Schnittpunkt der zwei Grundtangenten der andern Schar. Diese zwei Punkte sind die Spurpunkte der zu den zwei Kreisbüscheln gehörigen, inbezug auf die Kugel konjugierten, Büschelkanten und daher zu den Kegelschnitten beider Scharen konjugierte Pole. Sind also zwei Kegelschnitte mit A als Brennpunkt gegeben, so schneide man ihre zu A gehörigen Leitlinien, und suche zum Schnittpunkt die Polaren in bezug auf die zwei Kegelschnitte. Die beiden Polaren geben einen neuen Schnitt-

punkt und durch ihn gehen die Leitlinien aller Kegelschnitte der konjugierten Schar. Irgend eine dieser Leitlinien schneidet die zwei gegebenen Kegelschnitte und jeden Kegelschnitt ihrer Schar in Punktepaaren und die Tangenten in jedem Paar an den betreffenden Kegelschnitt, berühren alle einen Kegelschnitt der konjugierten Schar. Sind drei Kegelschnitte mit dem gemeinsamen Brennpunkt A gegeben, so suche man zu je zweien den Schnittpunkt der zu A gehörigen Leitlinien; zu jedem von diesen drei Punkten suche man den konjugierten Pol zu den zwei zugehörigen Kegelschnitten. Diese drei Pole liegen auf einer Geraden, nämlich der Leitlinie des Kegelschnittes, der zu allen drei Kegelschnitten konjugiert ist. Schneidet man diese Leitlinie mit den drei Kegelschnitten und legt in den Schnittpunkten die Tangenten, so berühren die so entstehenden sechs Tangenten denjenigen Kegelschnitt, der dem Ortogonalkreis der drei zu den Kegelschnitten gehörigen Kreise entspricht. — Wenn zwei Kreise auf der Kugel sich unter dem Winkel α schneiden, so werden, wie schon gesehen, bei den entsprechenden Kegelschnitten die Stücke ihrer gemeinsamen Tangenten zwischen den Berührungspunkten von A unter dem Winkel $180° - \alpha$ gesehen; dieser Umstand führt zur direkten Konstruktion von Kegelschnitten, die zu gegebenen Schnittwinkeln gehören. Berühren sich zwei Kreise auf der Kugel, so berühren sich auch die zugehörigen Kegelschnitte.

Sucht man in der Zeichnungsebene zu A die Fusspunktskurven der Kegelschnitte mit dem Brennpunkt A, so entstehen Kreise, die zu den stereographischen Projektionen der Kugelkreise im Verhältnis 1 : 2 ähnlich liegen, für A als Zentrum; man kann sie also wieder als stereographische Projektionen von Kreisen auf einer neuen Kugel auffassen, die den Radius der gegebenen Kugel nach A zum Durchmesser hat.

VII. Zum Satz von Pohlke.

Die drei in der Zeichnungsebene gelegenen Strecken O'A', O'B', O'C' seien die Parallelprojektionen von drei gleich langen, paarweis zu einander senkrechten Strecken OA, OB, OC im Raum. Betrachtet man diese Strecken als Kanten eines Würfels, so kann man das Bild des Würfels zeichnen und ebenso dasjenige des Oktaeders, welches dem Würfel umschrieben ist. Die Umkugel des Würfels wird von seinen Seitenflächen in sechs Kreisen geschnitten, deren Berührungskegel die sechs Oktaederecken zu Spitzen haben. Die Projektionen der sechs Kreise sind die Ellipsen, welche den Projektionen der Würfelquadrate umschrieben sind und deren Diagonalen zu konju-

gierten Durchmessern haben. Jede dieser Ellipsen berührt, wie bekannt, die Kugelprojektion doppelt und zwar in den Schnittpunkten der Polaren der projizierten Oktaederecken inbezug auf die Ellipsen. Konstruiert man also diese Ellipsen und schneidet sie mit den Polaren der bezüglichen projizierten Oktaederecken, so entstehen zwölf Berührungspunkte der Kugelprojektion. Die Schnittpunkte der Kugelprojektion mit den Projektionen der Oktaederdiagonalen sind die Punktepaare, die zum Würfelmittelpunkt symmetrisch liegen und Pol und Polare harmonisch trennen. Man kann noch andere Ellipsen angeben, die den Kugelumriss doppelt berühren, nämlich die Projektionen der in den Diagonalebenen des Würfels gelegenen Kugelkreise, ferner die Projektionen der Kreise, deren Ebenen auf den Würfeldiagonalen senkrecht stehen und durch drei Würfelecken gehen. Nimmt man den Mittelpunkt des Würfels in der Zeichnungsebene an, so ist, wie bekannt, die kleine Achse der Kugelprojektion der Durchmesser der Kugel und die Tangenten an die Kugel von einem Scheitelpunkt der grossen Achse, in ihrer projizierenden Ebene gelegen, geben die Projektionsrichtungen. —

Werden $O'A'$, $O'B'$, $O'C'$ über O' hinaus um sich selber verlängert, so kann die Figur als Projektion eines Oktaeders betrachtet werden. Die acht Ecken seines umschriebenen Würfels sind die Pole der acht Seitenflächen des Oktaeders inbezug auf seine Umkugel. Weiter, ähnlich wie vorhin.

VIII. Notiz über eiförmige Rotationsflächen.

In seiner Arbeit, „Eiförmige Drehkörper“ (Schweiz. Pädagog. Zeitschrift 1917), teilt Hr. F. Bützberger aus einem Steinerschen Manuskripte eine interessante Betrachtung, „Mechanische Zeichnung der Eilinie“, mit, und gibt im Anschluss daran Literaturnachweise, die sich auf sogenannte Cartesische Kurven beziehen. Der Verfasser erlaubt sich, darauf hinzuweisen, dass eiförmige Flächen auch entstehen, wenn bei einer Kugel die auf einem Durchmesser senkrecht stehenden Halbsehnen in einem Verhältnis verkleinert werden, das mit der Entfernung von einem Durchmesserendpunkt zunimmt. In dem Endpunkt A eines Kugeldurchmessers AA_1 sei die Tangentialebene gelegt und auf der Verlängerung von AA_1 über A_1 hinaus sei der Punkt O gewählt. Eine veränderliche Parallele zu OA schneide die Kugel in P, Q und die Tangentialebene in R. Man verbinde O mit R und schneide diese Gerade mit den Senkrechten durch P, Q zum Durchmesser AA_1. Der geometrische Ort der Schnittpunkte P', Q' ist eine

eiförmige Fläche vierter Ordnung. Die Kugel kann auch durch ein Rotationsellipsoid ersetzt werden, für welches AA_1 grosse oder kleine Achse ist. Denkt man sich auf die imaginären Geraden der Kugel oder des Rotationsellipsoids dieselbe Konstruktion angewendet wie auf die Punkte der Kugel, so verwandeln sich die Geraden in imaginäre Kegelschnitte auf der Eifläche. Durch jeden Punkt der Eifläche gehen zwei Kegelschnitte; die Ebene eines solchen ist bestimmt durch O und die Ortogonalprojektion der Geraden auf die Tangentialebene. Der Kegelschnitt der Ebene ist ihr Schnitt mit dem Paraboloid, das erzeugt wird durch die Senkrechten von den Punkten der Geraden auf die Gerade AA_1. —

Über die Assimilation der Kohlensäure.

Von

ARTHUR STOLL.

Vortrag über die Untersuchungen von R. Willstätter und A. Stoll, gehalten in der Sitzung der Zürcherischen Botanischen Gesellschaft, am 19. Februar 1918, zu der die Naturforschende Gesellschaft in Zürich eingeladen war.

Im Jahre 1913 waren die Untersuchungen über den Blattfarbstoff im Willstätterschen Laboratorium zu einem gewissen Abschluss gelangt. Das Chlorophyll war auf einfache Weise in reiner Form erhältlich und chemisch und physikalisch ausreichend gekennzeichnet, dass man an das Studium seiner wichtigen Funktion im lebenden Blatte herantreten konnte.

Es gehört zu den reizvollsten Aufgaben des Chemikers, sich mit der Untersuchung von Stoffen und Vorgängen der Natur zu beschäftigen, die mit dem Zelleben der Organismen in direktem Zusammenhang stehen. Es ist bekannt, welche Bedeutung unter den Lebensvorgängen nun gerade dem Assimilationsvorgang zukommt. Er vermittelt den Übergang von anorganischer zu organischer Materie in der Natur und er liefert den weitüberwiegenden Teil der chemischen Energie für die gesamte Lebewelt. So ist es heute bei den niedrigen, einzelligen grünen Gewächsen bis zu den höchst entwickelten Phanerogamen, und so war es schon in jenen frühen geologischen Epochen, als die in ihrer Gesamtheit noch weniger hoch entwickelten Pflanzen wuchsen, deren organische Reste uns in der fossilen Kohle als nützliche Energiequelle bis heute erhalten geblieben sind.

Bekanntlich vermag die grüne Pflanze im Lichte die in der Luft nur äusserst verdünnte anorganische Kohlenstoffverbindung, die Kohlensäure aufzunehmen und daraus unter Entbindung von Sauerstoff Kohlehydrat zu bilden, das der Pflanze als Zellbaustein und als Energiequelle zu weiteren chemischen Umsetzungen der Zelle dient. Die Gleichung

$$(H_2CO_3)_x \xrightarrow{+\text{ Licht}} (CH_2O)_x + (O_2)_x$$

representiert diese Stoff- und Energieversorgung des Assimilationsvorganges. Das Blattgrün fängt dank seiner grossen Lichtabsorp-

tionsfähigkeit in energiereichen Spektralbezirken des Himmelslichtes Lichtenergie auf und überträgt sie auf die Kohlensäure, die reduziert oder besser desoxydiert wird. In Form des primären Assimilationsproduktes wird die transformierte Lichtenergie als chemische Energie gebunden. Die chemischen Vorgänge der Zellen bedürfen einer weiteren äusseren Energiezufuhr nicht mehr. Schon die Kondensation z. B. des Formaldehyds zum Traubenzucker:

$$6\,CH_2O \longrightarrow C_6H_{12}O_6$$

verläuft unter Energieabgabe.

Allgemein bekannt ist vom Assimilationsprozess schon seit Ingenhouss' und Senebiers Arbeiten und den klassischen Untersuchungen von Th. de Saussure das Ausgangsmaterial, die Kohlensäure, die aus der Umgebung belichteter Blätter verschwindet, von diesen aufgenommen wird, ebensolang das Freiwerden von Sauerstoff aus belichteten Blättern und seit langer Zeit kennt man in den Chlorophyllkörnern gebildete Assimilationsprodukte wie Zucker und Stärke. Man wusste auch, dass Chlorophyll und als Energiequelle Licht zu dem Vorgang nötig sind. Doch blieb man bei der Erklärung des eigentlichen Assimilationsvorgangs, d. h. der lichtenergieverbrauchenden Desoxydation der Kohlensäure fast durchwegs bei blossen Vermutungen und Hypothesen ohne ausreichende experimentelle Grundlage stehen.

In welcher Weise gelangt die Kohlensäure im Blatt zu den Reduktionsorten? Wie tritt sie in Reaktion, damit die Lichtenergie auf sie übertragen werden kann, sodass der Sauerstoff aus seiner festhaftenden Bindung an Kohlenstoff abgespalten wird? Welches ist das primär aus der Reaktion hervorgehende Assimilationsprodukt? Nimmt das Chlorophyll an der Assimilationsreaktion nur physikalisch als Lichtsensibilisator oder aber auch chemisch aktiv teil? Vermag der Blattfarbstoff in der Zelle die Abspaltung des Sauerstoffs aus der Kohlensäure allein zu bewirken oder sind dabei andere, farblose Stoffe der Chloroplasten unentbehrlich? Solche Fragen sind hervorgetreten bei den Untersuchungen über die Assimilation der Kohlensäure, die im Herbst 1913 im Kaiser Wilhelm-Institut für Chemie in Berlin-Dahlem mit ausgezeichneten Hilfsmitteln begonnen und vom Frühling 1916 bis Anfang 1917 im Chemischen Laboratorium der Kgl. Bayr. Akademie der Wissenschaften in München unter einfacheren Verhältnissen beendigt wurden.

Die Untersuchungsmethode im allgemeinen war die der Baeyerschen Schule. R. Willstätter hat diese Methode in seiner Antrittsrede in der Berliner Akademie der Wissenschaften am 1. Juli 1915

mit folgenden Worten gekennzeichnet: „Dem grossen Lehrer" — nämlich Adolf von Baeyer — „verdanke ich Vertrauen auf das Experiment und Freiheit in der Anpassung der Hypothese an den Versuch, des Versuches an die Hypothese. Sein Beispiel lehrt, der Natur nicht zu kommandieren, sondern an ihr zu horchen."

Das Endziel der Untersuchungen war, alle Komponenten des natürlichen Assimilationsapparates in ihren Funktionen kennen zu lernen, um dann mit dem künstlichen, dem natürlichen nachgebildeten System ausserhalb der lebenden Zelle die Desoxydation der Kohlensäure zu einem niedrigeren Oxydationsprodukt des Kohlenstoffs unter Mitwirkung von Chlorophyll durchzuführen. Dieses Ziel wurde weder von frühern Forschern noch von uns erreicht. Aber es ist gelungen, Stücke beizutragen zur Kenntnis des Systems, das im belichteten Chloroplasten die Kohlensäurereduktion besorgt und wesentliche Unterschiede aufzudecken, die das natürliche System vom künstlich reproduzierbaren noch trennen, um Richtlinien anzugeben, in denen zukünftige Forschung schreiten kann. Die Arbeit späterer Forscher wird die erkannten Unterschiede beseitigen und das künstliche dem natürlichen Assimilationssystem so ähnlich gestalten, dass die Kohlensäureassimilation ausserhalb der lebenden Zelle sich verwirklichen lässt.

Die Beiträge zur Kenntnis der chemischen Einrichtungen des natürlichen Assimilationsapparates, welche die neuen Untersuchungen zutage gefördert haben, bilden den Gegenstand des vorliegenden Referates, das sich auf die wichtigsten Ergebnisse beschränkt und besonders die experimentelle Seite der Arbeiten nur knapp berücksichtigen darf. Die sehr umfangreiche Literatur kann nur da Erwähnung finden, wo sie mit den eigenen Untersuchungen in engem Zusammenhang steht. Das vollständige Material der Arbeiten mit ausführlicheren Literaturangaben ist soeben in Buchform zusammengefasst, betitelt „Untersuchungen über die Assimilation der Kohlensäure", bei Julius Springer (Berlin 1918) erschienen. Vorläufige Mitteilungen finden sich in den Sitzungsberichten der Preussischen Akademie der Wissenschaften (1915) und in den Berichten der Deutschen Chemischen Gesellschaft (1915 u. 1917).

Die älteren Untersuchungen über die Assimilation der Kohlensäure, die mit quantitativen Methoden ausgeführt wurden und mit denen wir die neuen, ausschliesslich mit exakten Messungen durchgeführten Untersuchungen direkt vergleichen können, stammen hauptsächlich von U. Kreusler, von H. T. Brown und F. Escombe, von F. F. Blackman mit G. L. C. Matthaei und anderen Mitarbeitern. Diese

Arbeiten behandeln überwiegend die Abhängigkeit des Assimilationsvorganges von äusseren Faktoren, von der Temperatur, von der Belichtung und vom Teildruck der Kohlensäure.

Während Kreuslers Messungen noch auf die Bestimmung der Optima einzelner Faktoren für jede Pflanze hinzielten, so hat Blackman in seiner verdienstvollen Abhandlung „Optima and Limiting Factors" für die Abhängigkeit der Assimilation von den äusseren Bedingungen eine tiefere und vollkommenere Erklärung gegeben. Es existieren innerhalb weiter Grenzen nicht Optima der verschiedenen Faktoren, sondern die Leistung der Blätter wird jeweils von dem im Minimum vorhandenen Faktor limitiert. Wenn beispielsweise die Belichtung schwach ist, während die übrigen Umstände günstig sind, so ist der Betrag der Photosynthese begrenzt durch das Licht; ähnlich limitierend wirken die Kohlensäure und die Temperatur, wenn sie gegenüber den anderen äusseren Faktoren im Minimum vorhanden sind.

Es wird von Blackman die Kohlensäureassimilation als das klarste Beispiel von Wechselwirkung der bedingenden Verhältnisse von dem Standpunkte aus beschrieben, dass es sich hier — anders als bei den Wachstumserscheinungen — in überwiegendem Masse um Abhängigkeiten von äusseren Faktoren handle. Eine Abhängigkeit der Assimilation von inneren Faktoren z. B. von dem Betrag an vorhandenem Chlorophyll wurde zwar von Blackman vermutet, doch ist davon weder in der erwähnten Abhandlung, noch in den späteren Arbeiten der Blackmanschen Reihe, noch in anderen eingehenden Untersuchungen weiter die Rede gewesen.

Damit war der Punkt bezeichnet, an dem die eigene Untersuchung einsetzen konnte, um sowohl den Einfluss der Chlorophyllmenge wie die Bedeutung eines mit dem Chlorophyll zusammenwirkenden zweiten inneren Faktors, eines farblosen, protoplasmatischen Bestandteils zu erfassen.

Vor der experimentellen Bearbeitung dieser Fragestellung war es nötig, mit quantitativen Methoden zu untersuchen, ob Menge und Zusammensetzung des Blattfarbstoffs während der Assimilation sich ändern oder ob eine allgemein beobachtete Konstanz die Ermittelung des Verhältnisses von Pigmentgehalt zu assimilatorischer Leistung der Blätter einfach gestalte.

Chlorophyll ist erst seit einigen Jahren als Substanz bekannt. Während es früher zweifelhaft war, ob es ein Chlorophyll gäbe oder mehrere ähnliche Pigmente oder eine grosse Anzahl von grünen Blattfarbstoffen, sind erst in letzter Zeit Methoden geschaffen worden, um

die Blattfarbstoffe beliebiger Herkunft vergleichend zu untersuchen. Der Vergleich hat sich auf mehr als zweihundert Pflanzen aus vielen Klassen der Kryptogamen und Phanerogamen erstreckt. Das Ergebnis war die Identität des Chlorophylls in allen untersuchten Pflanzen.

Das Chlorophyll ist hinsichtlich seiner Zusammensetzung, seiner chemischen Eigenschaften und der wesentlichen Züge seiner Struktur erforscht worden; es wurde in reinem Zustand zugänglich und man erkannte es als ein Gemisch zweier Farbstoffe, der Komponenten a und b, die sich trennen liessen. Das blaugrüne Chlorophyll a und das gelbgrüne Chlorophyll b sind komplexe Magnesiumverbindungen von ähnlicher Zusammensetzung:

Chlorophyll a $[Mg\,N_4\,C_{32}\,H_{30}\,O]\,CO_2 \cdot CH_3 \cdot CO_2\,C_{20}\,H_{39}$,

Chlorophyll b $[Mg\,N_4\,C_{32}\,H_{28}\,O_2]\,CO_2 \cdot CH_3 \cdot CO_2\,C_{20}\,H_{39}$.

In den Chloroplasten werden die Chlorophyllfarbstoffe stets von gelben Pigmenten begleitet, von dem Kohlenwasserstoff Carotin, dessen Zusammensetzung $C_{40}\,H_{56}$ ist und von der Sauerstoffverbindung Xanthophyll von der Zusammensetzung $C_{40}\,H_{56}\,O_2$.

Die Isolierung der einzelnen Blattfarbstoffe bot die Grundlage für die Methoden ihrer quantitativen Bestimmung und der Bestimmung ihres Verhältnisses untereinander.

Der Pigmentgehalt normalgrüner Blätter schwankt nur innerhalb ziemlich enger Grenzen:

100 g frische Blätter enthalten 0,15 bis 0,35 g Chlorophyll;

1 qm Blattfläche enthält 0,3 bis 0,7 g Chlorophyll und 0,03 bis 0,07 g gelbe Pigmente.

Das molekulare Verhältnis der beiden grünen und der beiden gelben Farbstoffe schwankt bei normal lebenden Blättern noch weniger, es beträgt für die Chlorophyllkomponenten $\frac{Q_a}{b}$ etwa 3 mit Schwankungen von $\pm$ 0,5 und für die Carotinoide $\frac{Q_c}{x}$ etwa 0,6, mit Abweichungen von $\pm$ 0,1.

Diese Konstanz der Verhältnisse und die nahe Verwandtschaft je zweier Komponenten, deren Zusammensetzung sich je um O_2 unterscheidet — Chlorophyll b enthält nur ein Atom Sauerstoff mehr aber zwei Atome Wasserstoff weniger als a, was O_2 gleichkommt — hatten früher zu der Hypothese[1]) Anlass gegeben, dass die Komponenten am Assimilationsstoffwechsel chemisch aktiv teilnehmen, indem sie durch Aufnahme von Sauerstoff aus der Kohlensäure und Wiederentbindung

[1]) R. Willstätter, „Über Chlorophyll", Vortrag, gehalten in der Hauptversammlung der Naturforschenden Gesellschaft Zürich am 3. Juni 1912, diese Vierteljahrsschrift Jahrgang 1912.

desselben unter der Lichtwirkung in einander übergehen. Eine regulierende Einrichtung sollte den Gleichgewichtszustand herstellen, der im normal lebenden Blatt zu der Konstanz der Komponentenverhältnisse führt. Die Untersuchung an einem umfangreichen Material hat aber ergeben, dass unter beliebigen in der Natur oder im Experiment gebotenen Bedingungen das Verhältnis der beiden Chlorophyllkomponenten nicht, das der Carotinoide nicht entschieden beeinflusst werden kann. Ob man die Komponentenverhältnisse des Blattfarbstoffs am frühen Morgen und am Abend nach der Assimilationszeit oder bei sommerlichen und herbstlich vergilbenden, also absterbenden Blättern oder vor und nach künstlich bis auf das zehnfache gesteigerter Assimilation oder nach der Einwirkung von narkotischen Mitteln oder von hoher Temperatur untersucht: die Komponentenverhältnisse lassen sich durch die Assimilationstätigkeit nicht wesentlich und keinesfalls eindeutig beeinflussen.

Das Verhältnis der beiden Chlorophyllkomponenten a : b betrug z. B. bei Blättern von Prunus Laurocerasus vor der Assimilation 3,3; nach 22-stündiger höchstgesteigerter Assimilationstätigkeit, die am Ende infolge Übermüdung der Chloroplasten auf 1/4 des Anfangswertes herabsank, war das Verhältnis 3,1. Primelblätter zeigten frisch gesammelt $Q_{\frac{a}{b}} = 2{,}6$, nach starker Äthernarkose während der Assimilation 2,7.

Diese und andere ähnliche Versuche widerlegen aber auch die viel weiter gehende wichtige Anschauung anderer Forscher, dass im Assimilationsvorgang das Chlorophyll zerstört werde. G. G. Stokes hat in einer kurzen Erörterung über das herbstliche Vergilben der Blätter angenommen, das während des ganzen Lebens der Pflanze immerwährende Bildung und immerwährende Zersetzung des Blattfarbstoffs unter dem Einfluss des Lichts erfolge.

Auch W. Pfeffer hat in seiner „Pflanzenphysiologie" ausgesprochen: „Wie aber das Lebendige sich überhaupt nur im Wechsel erhält, so dürfte sich, besonders bei intensiverem Licht, Zerstörung und Neubildung des Chlorophylls dauernd abspielen, wofür in der Tat eine Reihe von Beobachtungen sprechen."

Ähnliche Annahmen machten noch in den letzten Jahren andere Forscher, z. B. F. Czapek und 1914 gründet H. Wager darauf sogar eine Assimilationshypothese, indem er annimmt, die Assimilate z. B. die Kohlehydrate seien nichts anderes als Zerfallprodukte des durch Photooxydation zerstörten Chlorophyllmoleküls. Die vom Blatt aufgenommene Kohlensäure soll dann zum Wiederaufbau von neuem

Chlorophyll dienen. Wenn die von Wager und anderen Forschern vertretene Annahme des Chlorophyllzerfalls in der Photosynthese berechtigt ist, so muss sich der Chlorophyllgehalt grüner Blätter unter Bedingungen, an die das Blatt nicht angepasst ist, z. B. bei höchstgesteigerter und langdauernder Assimilationstätigkeit messbar verändern. Dies wurde in einer Reihe von Versuchen geprüft bei Belichtung der Blätter von mehr als Sonnenstärke, Temperatur von 30 und 40°, Kohlensäure von hohem Teildruck, ununterbrochene Assimilationszeiten von 6 bis 22 Stunden. In der Tabelle 1 sind einige Versuchsresultate zusammengestellt. So enthielten z. B. 10 g Blätter von Prunus Laurocerasus 9,4 mg Chlorophyll, nach 22-stündiger Assimilation in 5 proz. Kohlendioxyd bei Belichtung von $1^1/_2$ facher Sonnenstärke bei 30° enthielten 10 g gleiche Blätter 9,5 mg Chlorophyll.

Tabelle 1.

Chlorophyll in 10 g Blättern vor und nach der Assimilation.
5 proz. CO_2, ungefähr 75000 Lux.

Pflanze	Temperatur und Assimilationszeit	Chlorophyll (mg) vor der Assimilation	Chlorophyll (mg) nach der Assimilation
Prunus Laurocerasus. .	30°, 6 Stunden	12,2	12,4
„ „	30°, 22 „	9,4	9,5
Hydrangea opulodes . .	30°, 6 „	9,2	9,1
Pelargonium zonale . .	40°, 6 „	12,5	12,8

Durch diese Versuche ist die Hypothese von der Zersetzung und Neubildung des Chlorophylls bei der Assimilation widerlegt. Chlorophyllmenge und -zusammensetzung bleiben während der Assimilation konstant.

In der Beständigkeit des Chlorophylls während der Assimilation und in der Konstanz des Verhältnisses der Chlorophyllkomponenten ist die Grundlage gefunden worden für die Arbeit, bei der die Beziehungen zwischen Chlorophyllgehalt der Blätter und ihrer assimilatorischen Leistungfähigkeit untersucht worden sind.

Die Versuchsbedingungen sind solche maximaler Assimilationsleistung für eine gewählte günstige Temperatur zumeist 25°. Den Blättern wird mit Hilfe von elektrischen Halbwattlampen von 2000 bis 4000 Kerzenstärken in 20 bis 25 cm Abstand starke künstliche Belichtung, die der Sonnenstärke ungefähr gleichkommt, und Kohlensäure von hohem Teildruck, nämlich ein genügend rascher Strom von 5-vol. proz. Kohlendioxyd, d. i. etwa das 200 fache des atmosphä-

rischen, bei konstanter Temperatur geboten. Dadurch ist erreicht, dass die äusseren Faktoren, deren Bedeutung aus den früheren Untersuchungen anderer Autoren hinreichend bekannt ist, den Vergleich der assimilatorischen Leistung nicht stören und es wird dadurch möglich, den Einflüssen der inneren Faktoren nachzugehen.

Die aufgestellten Bedingungen sind also derart, dass die Leistung des am besten assimilierenden Blattes weder durch Erhöhung der Kohlensäurekonzentration noch durch Vermehrung des Lichtes bei der gewählten Temperatur gesteigert werden könnte.

Bei geringerem Kohlendioxydgehalt könnte der Fall eintreten, dass besser oder schlechter assimilierende Blätter die gleiche assimilatorische Leistung zeigen, dadurch, dass es den ersteren an Kohlensäure fehlte. Auch die gewählte Belichtung hat in den meisten Fällen für die maximale Leistung hingereicht.

Nach dieser Festsetzung der Bedingungen war erst in zweiter Linie die Wahl der analytischen Methode von Wichtigkeit. Wir folgten im Prinzip der Arbeitsweise von Kreusler, die darin besteht, dass die Kohlensäure in einem zu den Blättern geleiteten und im abgeleiteten Gasstrom ermittelt wird. Wie Brown sowie Blackman und andere arbeiteten wir ausschliesslich mit von der Pflanze losgelösten Blättern, die unter besonderen Vorsichtsmassregeln und schonender gleichmässiger Behandlung gesammelt und zur Assimilation gebracht wurden. Vor jedem Assimilationsversuch liessen wir die Blätter im Dunkeln atmen. Die Atmungskohlensäure vermehrt den Kohlendioxydgehalt des angewandten Gasstroms um einen bestimmten kleinen Betrag. Da die Blätter natürlich auch im Lichte Kohlensäure bilden, die zwar sogleich wieder assimiliert wird, so ergibt sich der Betrag des im ganzen assimilierten Kohlendioxyds durch den Vergleich des Kohlensäuregehaltes von dem über die Blätter im Dunkeln und des über die Blätter im Lichte geleiteten Gasstroms ohne Einfluss der Atmung. Im einzelnen wurde die Kreuslersche Methode an unsere Versuchsbedingungen angepasst, sodass der Verlauf der Assimilation sich auch in sehr kleinen Zeitintervallen beobachten liess.

Bei fast jedem Assimilationsversuch wurde ausser dem Frischgewicht und dem Chlorophyllgehalt der Blätter noch ihre Fläche und ihr Trockengewicht bestimmt und die assimilatorische Leistung auf Frischgewicht, Trockengewicht und Fläche berechnet, damit die Ergebnisse auch in anderem Zusammenhang verwertet und mit den Angaben anderer Autoren verglichen werden können. Nur ein Bei-

spiel möge das zeigen: Es wurde bei der Sonnenblume bei 25° eine stündliche Assimilationsleistung von 8,0 g Kohlendioxyd, bei Kürbis von 6,3 g auf den Quadratmeter Blattfläche gefunden; das entspricht der Bildung von 5,4 g und 4,3 g Hexose in der Stunde. Der Zuwachs beträgt nach diesen Beobachtungen 9 und 11,2 g Hexose für 100 g angewandtes Trockengewicht der Blätter von Helianthus und Curcubita. In etwa zehn Stunden würde sich also bei diesen Blättern unter maximalen Versuchsbedingungen bei gleichbleibender Assimilationstüchtigkeit das Trockengewicht verdoppeln. Die Kohlehydratbildung, bezogen auf die Blattfläche, ist ungefähr das zehnfache der in atmosphärischer Luft von Brown und Escombe gemessenen, welche in einer Stunde bei 19° 0,55 g Kohlehydrat auf den Quadratmeter Blatt von Helianthus betrug.

Weitere Schlussfolgerungen aus den nebenbei gewonnenen Versuchsergebnissen müssen an dieser Stelle übergangen werden; wir kehren zurück zu der Untersuchung über das Verhältnis von Chlorophyllgehalt der Blätter zu ihrer assimilatorischen Leistung unter maximalen Bedingungen. Dieses Verhältnis wurde bezogen auf das in einer Stunde assimilierte Kohlendioxyd und „Assimilationszahl" genannt:

$$\text{Assimilationszahl} = \frac{\text{stündl. assimil. } CO_2 \text{ (g)}}{\text{Chlorophyll (g)}}.$$

Damit wird also die Menge von Kohlendioxyd ausgedrückt, die bei einer gewählten günstigen Temperatur unter den Bedingungen maximaler Leistung von der 1 g Chlorophyll enthaltenden Blattmenge assimiliert worden ist. Abgekürzt ausgedrückt hat die Assimilationszahl die Bedeutung: „Stündliche Leistung, bezogen auf 1 Gramm Chlorophyll".

Die Brauchbarkeit der Assimilationszahl für theoretische Folgerungen beruht darauf, dass die Leistung der Blätter für die gewählte Temperatur die grösstmögliche ist.

Wäre die Assimilationszahl konstant, d. h. entspräche gleichen Chlorophyllmengen verschiedener Blätter immer etwa die gleiche Menge assimilierter Kohlensäure, so dürfte angenommen werden, dass das Chlorophyll im Blatte die Kohlensäure ohne Mitwirkung anderer innerer Faktoren zu desoxydieren vermag. Die Disproportionalität von Leistung und Chlorophyllgehalt weist auf einen oder mehrere mit dem Chlorophyll zusammenwirkende innere Faktoren hin. Es wurden in den Versuchen einerseits Blätter mit sehr verschiedenem Chlorophyllgehalt miteinander verglichen, z. B. Blätter der Aurea-

varietäten mit solchen der grünen Stammformen, dann im Dunkeln gebildete, etiolierte Blätter mit am Licht gewachsenen, und andererseits Blätter mit etwa gleichbleibendem Chlorophyllgehalt in verschiedenen Lebensaltern auf ihre Assimilationstüchtigkeit geprüft. Aus dem umfangreichen Versuchsmaterial können an dieser Stelle nur die wichtigsten Gruppen zusammenfassend hervorgehoben werden.

Die Versuche mit normalgrünen Laubblättern haben ergeben, dass die stündlichen Leistungen, bezogen auf 1 g Chlorophyll, einander ähnlich sind; sie betragen 6 bis 9 g CO_2, die Assimilationszahlen schwanken also nur zwischen 6 und 9.

Über ähnlich gleichmässige Assimilationsleistungen hat vor Jahrzehnten G. Haberlandt, gestützt auf C. Webers Untersuchungen, berichtet. Haberlandt fand beim Vergleich der Chloroplastenzahl mit der Assimilationsenergie der Blätter, dass „bei ähnlich gebauten Laubblättern die spezifischen Assimilationsenergien annähernd proportional sind den Gesamtmengen der Chlorophyllkörner in den betreffenden Blattflächeneinheiten", sodass er weiter den Schluss ziehen durfte: „Die spezifischen Assimilationsenergien werden sich also höchst wahrscheinlich in allen Fällen aus der Grösse des Chlorophyllgehaltes und aus dem anatomischen Bau der Assimilationsorgane in genügender Weise erklären lassen." Haberlandts Ansicht war also damals, dass es zur Assimilation ausser Chlorophyll keines spezifischen zweiten inneren Faktors bedürfe.

Es wäre jedoch verfrüht, aus dem Verhalten der gleichartig gebauten, normal grünen Laubblätter auf eine einfache quantitative Beziehung zwischen Chlorophyllmenge und Assimilationsbetrag zu schliessen. Schon normal grüne Blätter von Pflanzen, die sich durch rasches Wachstum auszeichnen, wie Helianthus, Curcubita, Pelargonium und also für energische Assimilation organisiert sind, zeigen Assimilationszahlen bis zu 17.

Noch deutlicher spricht für die verschiedene Ausnützung des Chlorophylls im Blatte der Vergleich zwischen den jungen Blättern von der Spitze eines Zweiges und den alten ausgewachsenen. Wenn auch der absolute Betrag des assimilierten Kohlendioxyds bei jüngeren Blättern geringer ist, als bei den alten, so ist doch die stündliche Leistung der jüngeren Blätter bezogen auf ihren Chlorophyllgehalt, also die Assimilationszahl etwa doppelt so gross als bei den chlorophyllreichen alten.

Ein etwas anderes Verhalten zeigen die Blätter in der Frühjahrsentwicklung. Die eben erst aus den Knospen tretenden Blätter zeigen gegenüber ausgewachsenen sommerlichen eine nur mässig erhöhte

Assimilationszahl, die dann steigt, in etwa acht Tagen das Maximum erreicht, um schon drei Wochen später den Normalwert von 6 bis 9 zu erreichen und ihn bis zum Herbst zu behalten.

Ein viel mannigfaltigeres Bild geben die Blätter im Herbst. Es gibt Blätter, die im Herbste abfallen, während sie noch hohen Chlorophyllgehalt besitzen und nach tagelangem Liegen auf dem Erdboden noch grosse Assimilationsenergie zeigen.

Anders bei vergilbendem Laub; der Chlorophyllgehalt geht zurück, ähnlich die Assimilationstüchtigkeit, die Assimisationszahl ändert sich wenig. Es kommt auch vor, dass das Chlorophyll rascher abnimmt, die Assimilationsenergie langsamer. Die Assimilationszahl steigt, mitunter über die hohen Frühlingswerte hinaus.

Endlich gelangten Blätter zur Untersuchung mit nur wenig abnehmendem Chlorophyllgehalt und rasch sinkender Leistung. Hier fällt die Assimilationszahl zu ganz tiefen Werten. Werden solche Blätter in warmem, feuchtem Raume gehalten, so wird die Assimilation wieder belebt und steigt zu ansehnlichen Beträgen.

Überraschend ist das Verhalten der Blätter von Aureavarietäten, z. B. von Holunder, Ulme, Eiche, Ahorn. Trotz ihres geringen Chlorophyllgehaltes von nur $^1/_{10}$ oder gar $^1/_{30}$ von dem grüner Blätter stehen ihre absoluten Leistungen unter den Bedingungen maximaler Assimilation, bezogen auf Frischgewicht und Blattfläche, hinter denen von normal grünem Laube nicht oder nur wenig zurück. Die Assimilationszahlen sind daher ausserordentlich hoch, 10 bis 15 mal grösser als bei chlorophyllreichen Blättern.

Ähnlich verhalten sich etiolierte Blätter, sie zeigen relativ sehr grosse Assimilationsfähigkeit. Mit der raschen Chlorophyllbildung von ans Licht gebrachten etiolierten Blättern sinkt die Assimilationszahl von über 130 auf beinahe 10.

Von den untersuchten Beispielen sind einige in der Tabelle 2 zusammengestellt.

Trotz des grossen Unterschiedes im Chlorophyllgehalt zwischen normal grünen und gelben Blättern sind die Mengen assimilierten Kohlendioxyds nur wenig verschieden; das hat die grossen Unterschiede in den Assimilationszahlen zur Folge.

Besonders interessant ist der Vergleich von zu gleicher Zeit im Herbst gesammelten jungen und alten Blättern des wilden Weins: Gleiche Chlorophyllgehalte, stark verschiedene assimilatorische Leistungen und Assimilationszahlen.

Die Schlussfolgerungen, die aus der Variabilität der Assimilationszahlen gezogen werden sollen, finden sich an verschiedenen Stellen

Tabelle 2.

Assimilation

in 5proz. CO_2, bei 25° und Licht von Sonnenstärke.

Pflanzenart	Beschreibung	Chlorophyllgehalt von 10 g frischem Blatt (mg)	Stündlich assimiliertes CO_2 (g)		Assimilationszahl (stündl. Assimilation [g] von 1 g Chlorophyll
			von 10 g Blatt	von 1 qdm Blatt	
Ulmus	normal grün	16,2	0,111	0,021	**6,9**
Sambucus nigra	„ „	22,2	0,146	0,034	**6,6**
Sambucus nigra	gelbblätterig	0,81	0,097	0,021	**120**
Ulmus	„	1,2	0,098	0,024	**82**
Phaseolus vulgaris	etioliert	0,7	0,091	—	**133**
Tilia cordata	im Frühjahr	11,5	0,183	0,024	**16,0**
„ „	junge Blätter	6,5	0,092	0,018	**14,2**
Ampelopsis quinquefolia . . .	Herbst, jüngere Blätter	12,7	0,100	0,015	**7,9**
Ampelopsis quinquefolia . . .	Herbst, ältere Blätter	12,9	0,012	0,0024	**0,9**

von älteren mit anderen Methoden ausgeführten Untersuchungen bereits angedeutet. So haben W. Pfeffer, gestützt auf A. J. Ewarts Untersuchungen, ferner E. Pantanelli und wiederum in Pfeffers Institut O. Treboux, dann Fräulein A. A. Irving im Blackmanschen Laboratorium die Teilnahme farbloser Protoplasmabestandteile am Assimilationsvorgang als wesentlich erachtet, wenn auch die experimentellen Grundlagen nicht immer einwandfrei waren. Der experimentelle Befund von Irving an etiolierten Gewächsen z. B. wurde durch Kontrollversuche widerlegt.

Die Erklärung für die beobachteten Differenzen in den Assimilationszahlen beantwortet die eingangs gestellte Frage, ob das Chlorophyll den einzigen inneren Faktor der Assimilation darstelle. Diese Möglichkeit wird durch die Disproportionalität zwischen Chlorophyll und Leistung ausgeschlossen. Daraus folgt, dass ausser dem Chlorophyll und mit demselben ein zweites chemisches Agens der Chloroplasten für die Kohlensäureassimilation notwendig ist. Seine Funktion kann entweder mit oberflächlicher Betrachtung dem gesamten Protoplasma zugeschrieben werden oder, indem man näher auf die gegebene chemische Aufgabe und auf die Leistung derselben eingeht, einem spezifischen Bestandteil des Protoplasmas. Sehr wahrscheinlich handelt es sich um ein im Stroma enthaltenes bestimmtes Agens von enzymatischer Natur. Die Beobachtungen lassen sich mit dieser Annahme sämtlich gut erklären. So lässt sich z. B. die hohe Ausnützung des Chlorophylls in den Frühlingsblättern und besonders bei etiolierten Blättern verstehen, wenn man annimmt, dass im Dunkeln die Bildung des Enzyms der Bildung des Chlorophylls, zu der bekanntlich Licht nötig ist, voraneilt. Das nach kurzer Belichtung erst in geringer Menge gebildete Chlorophyll wird durch das schon im Dunkeln reichlich vorgebildete Enzym voll ausgenützt, wie es die hohe Assimilationszahl (133) zeigt.

Die auffälligen Erscheinungen bei den herbstlichen Veränderungen des Laubes werden darauf zurückgeführt, dass entweder mehr das Chlorophyll leidet als das Enzym, es erfolgt Steigerung der Assimilationszahlen, oder dass umgekehrt die enzymatische Komponente in höherem Masse geschädigt wird als das Chlorophyll, was sinkende Assimilationszahlen zur Folge hat. Die Wiederbelebung der zur Assimilation annähernd unfähig gewordenen Blätter beim Verweilen in warmem feuchtem Raume zeigt die Neubildung des Enzyms oder die Beseitigung von Hemmungen des enzymatischen Vorganges an.

Sehr wahrscheinlich gemacht wurde die Annahme eines spezifischen assimilatorischen Enzyms auch durch besondere vergleichende

Messungen der Assimilation von gelben und grünen Blättern derselben Art bei verschiedenen Temperaturen und Belichtungen, deren Ergebnis hier nur kurz erwähnt werden kann. Die gelben Blätter ergeben bei Temperaturerhöhung z. B. von 20 auf 30° nur eine sehr geringe Erhöhung der assimilatorischen Leistung. Die von der Temperatur abhängige Funktionstüchtigkeit des Enzyms reicht bei 20° bereits aus, um die von dem spärlich vorhandenen Chlorophyll absorbierte Lichtenergie voll auszunützen, das Chlorophyll wirkt limitierend. Erst Steigerung der Lichtzufuhr über die Sonnenstärke hinaus erhöht die Leistungsfähigkeit. Bei grünen Blättern dagegen reicht $^1/_4$ Sonnenstärke aus, um das vorhandene Enzym ganz auszunützen, dessen Leistungsfähigkeit erst bei Erhöhung der Temperatur eine Steigerung der Assimilationsleistung gestattet.

Die Annahme eines spezifischen assimilatorischen Enzyms wurde weiterhin gestützt durch eine besondere Untersuchung über die Assimilation grüner Blätter in sauerstoffarmer und sauerstofffreier Atmosphäre. Es zeigte sich dabei, dass selbst empfindliche Blätter unter den maximalen Assimilationsbedingungen noch ungeschwächt Kohlendioxyd verarbeiten, nachdem man sie im Dunkeln stundenlang in einer Atmosphäre leben liess, die nur $^1/_{100}$ des Gehaltes an Sauerstoff von atmosphärischer Luft, also etwa 0,2 Vol. Proz. enthielt. Wurde der Sauerstoff ganz entfernt, so waren z. B. Blätter von Pelargonienarten nicht mehr imstande zu assimilieren, sie gingen rasch zugrunde. Blätter widerstandsfähigerer Pflanzen, z. B. von Cyclamen europaeum und von einem Laubmoose (Polytrichum juniperinum) vermochten die gänzliche Abwesenheit freien Sauerstoffs im Dunkeln während einiger Stunden zu ertragen und beim Belichten sofort kräftig zu assimilieren. Entzog man ihnen die letzten Spuren von Sauerstoff während 12 und mehr Stunden, so trat die Assimilation beim Belichten in den ersten Minuten nicht in messbarem Betrage ein, um dann schwach einzusetzen und schon in $^1/_2$ Stunde einen beträchtlichen Wert zu erreichen.

Diese Beobachtung führte zu der Annahme, dass unter den gewöhnlichen Verhältnissen ein beim Assimilationsvorgang direkt beteiligtes Agens, wahrscheinlich das assimilatorische Enzym mit chemisch locker gebundenem Sauerstoff beladen sei. Bei langem Aufenthalt in sauerstofffreiem Medium wurde ihm dieser Sauerstoff nach und nach, schliesslich vollständig entzogen und es verlor seine Aktivität. Die bei dem winzig kleinen Rest von Assimilationsfähigkeit auftretende erste Spur freiwerdenden Sauerstoffs genügt dann, um das assimilatorische Enzym wieder zu beleben und zu reaktivieren.

Eine allgemeine Lähmung und Wiederbelebung des Gesamtplasmas ist unwahrscheinlich, da beim Assimilationsbeginn viel zu wenig Sauerstoff für die Gesamtatmung frei wird. Die Protoplasmaatmung braucht auch einen viel höheren Sauerstoffpartialdruck. Man kann nämlich die nach dem Assimilationsbeginn aus der Kohlensäure abgespaltene geringe Menge Sauerstoff bis auf einen nur sehr kleinen Fehlbetrag im abziehenden Gasstrom quantitativ nachweisen. Ein durch Sauerstoffmangel gelähmtes Protoplasma braucht übrigens nach Untersuchungen von A. J. Ewart und andern tagelange Erholungszeit.

Aus dem Gesamtbilde vom Zusammenwirken der inneren Faktoren wird also gefolgert, dass eine Teilreaktion der Kohlensäureassimilation ein enzymatischer Prozess ist. Auf die bestimmte Aufgabe des Enzyms wird weiter unten eingegangen.

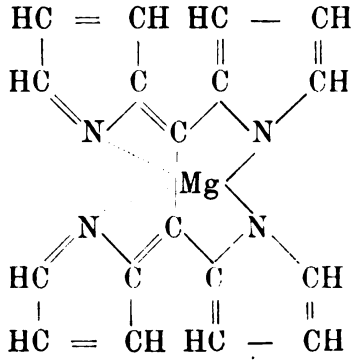
Der andere, bekannte innere Faktor, das Chlorophyll, ist freilich ebenso unentbehrlich und unersetzlich wie der farblose, enzymatische.

Wählt man unter den Aureablättern solche mit nur noch verschwindend kleinem, kaum nachweisbarem Chlorophyllgehalt aus, so sinkt die Assimilationsfähigkeit auf beinahe Null herab.

8 g hellgelbe Blätter der Aureavarietät von Sambucus nigra mit weniger als $^1/_{10}$ mg Chlorophyll assimilierten unter maximalen Bedingungen bei 25° in der Stunde nur noch 9 mg Kohlendioxyd, d. i. etwa $^1/_{10}$ der Menge, welche die gewöhnlichen Aureablätter verarbeiteten. Mit den letzten Spuren des Chlorophylls verschwindet also das Assimilationsvermögen. Die gelben Pigmente, weder die wasserlöslichen noch unbekannten, noch die steten Begleiter des Chlorophylls im Chloroplasten, die Carotinoide vermögen in den anatomisch normal ausgebildeten Blättern die Rolle des Chlorophylls zu übernehmen.

Die Notwendigkeit von Chlorophyll zur Assimilation ist übrigens von jeher angenommen, sie ist durch unsere Versuche mit den Grenzwerten von Chlorophyllgehalt und Leistung der Blätter nur neu bestätigt worden. Aus der Unersetzlichkeit des Chlorophylls durch andere Blattfarbstoffe, die doch auch Lichtenergie absorbieren und mit dem grünen Pigment übereinstimmen in der klar zutage tretenden Eigenschaft des Chlorophylls, bei der Assimilation physikalisch, nämlich als Lichtabsorbens, zu wirken, ergibt sich die Frage, ob dem Chlorophyll noch eine zweite, spezifische Aufgabe zukomme, vielleicht eine chemische, die durch den Aufbau seines Moleküls bedingt ist.

Chlorophyll beliebiger Herkunft enthält als wesentlichen Bestandteil seines Moleküls Magnesium in komplexer Bindung. Die Haupteigenschaft der magnesiumhaltigen Gruppe ist ihre grosse Empfindlichkeit gegenüber Säure und ihre Beständigkeit gegen Alkalien. Schon sehr schwache Säuren spalten das Metall aus dem Chlorophyll ab, seine schön grüne Farbe geht dabei über in Olivbraun, Alkalien hingegen lassen den Magnesiumkomplex unversehrt, selbst wenn sie bei tiefgreifender Zersetzung die Estergruppen verseifen und eine Carboxylgruppe nach der andern abspalten, sodass die Stammsubstanz des Chlorophylls das Ätiophyllin entsteht. Es hat die Zusammensetzung $C_{31}H_{34}N_4Mg$, besitzt also 24 Kohlenstoffatome weniger als Chlorophyll, ist diesem aber noch in vielen chemischen und physikalischen Eigenschaften ähnlich. Die Isolierung des Ätiophyllins durch R. Willstätter und M. Fischer, das keinen Sauerstoff mehr enthält, bestätigte die schon viel früher gemachte Annahme Willstätters, dass das Magnesium an Stickstoff gebunden sei. Die Untersuchungen über die Oxydation und die Reduktion der Chlorophyllderivate, die zu farblosen, niedrig molekularen Substanzen führten, nötigen zu der Vorstellung von zwei Pyrrolkernen und zwei pyrrolartigen Ringen als Hauptbausteinen des Chlorophyllmoleküls. Lässt man aus der Ätiophyllinformel noch 13 Kohlenstoffatome, die in substituierenden Seitenketten stehen, weg, so kommt man etwa zu der folgenden Atomgruppierung:



Das Magnesium substituiert den Wasserstoff der Iminogruppen zweier Pyrrolkerne und es steht wahrscheinlich zugleich durch Partialaffinitäten in Verbindung mit den Stickstoffatomen der pyrrolartigen Kerne.

Der Anteil, welchen das Magnesium an dem Bau des Chlorophyllmoleküls hat und die Eigenart, welche die komplexe Magnesiumgruppe dem Chlorophyll in seinem physikalischen und chemischen Verhalten gibt, präzisieren die oben gestellte Frage über die

chemische Mitwirkung des Chlorophylls bei der Assimilation zu der Frage, ob eine chemische Funktion auf den Magnesiumgehalt zurückzuführen ist.

Die erkannte grosse Empfindlichkeit des Magnesiumkomplexes gegen Säure führte dazu, zu untersuchen, ob Chlorophyll mit der sehr schwachen Säure Kohlensäure zu reagieren imstande sei und ob es dazu unter den besondern Bedingungen, welche für den Assimilationsvorgang gegeben sind, befähigt ist.

An den Lösungen des Chlorophylls in organischen Solventien wie Aether und Alkohol, beobachtet man bei tagelanger Einwirkung von Kohlendioxyd keine Reaktion. In den indifferenten Lösungen ist das Kohlensäureanhydrid ohne Wirkung.

In überraschender Weise unterscheidet sich das Verhalten der kolloiden Lösung des Chlorophylls in Wasser von jenem molekularer Lösungen. Beim Einleiten von Kohlendioxyd in Wasser bildet sich Kohlensäure und diese vermag selbst in der Verdünnung, wie sie in der Luft vorkommt mit dem in Wasser kolloid gelösten Chlorophyll zu reagieren. Diese Beobachtung ist umso wichtiger, da der Nachweis erbracht worden ist, dass das Chlorophyll im Chloroplasten ebenfalls in kolloider Verteilung vorhanden ist.

Die Absorptionsspektren von Chlorophyll in molekularer und in kolloider Lösung weichen in der Lage und Intensität der Absorptionsbänder charakteristisch von einander ab. D. Iwanowski sowie A. Herlitzka und andere haben die Absorptionsspektren von Blättern und von kolloiden Chlorophyllösungen vergleichen und sie wenig verschieden gefunden. Sie haben daraus, wenn auch nicht auf die Identität, so doch auf die Ähnlichkeit des Zustandes von Chlorophyll im Blattgewebe und in der kolloiden Lösung geschlossen. Die noch bestehenden Unterschiede verschwinden beinahe ganz, wenn man das Spektrum des unversehrten reinen Chlorophylls in kolloider, rein wässeriger Lösung mit dem Blattspektrum vergleicht. Nur ist die Lichtabsorption der Blätter grösser, z. B. doppelt und vierfach im Vergleich zum Hydrosol von der nämlichen Flächenkonzentration, weil die Lichtstrahlen das aus optisch verschiedenen Medien zusammengesetzte Blattgewebe vielfach gebrochen und reflektiert durchlaufen. Aus dem Vergleich, der zwischen der künstlich bereiteten reinen kolloiden Chlorophyllösung und dem Chlorophyll im Chloroplasten angestellt wurde, sei an dieser Stelle nur noch angeführt, dass auch in dem charakteristischen Verhalten der Pigmente gegenüber Lösungsmitteln weitgehende Übereinstimmung herrscht. Man ist daher berechtigt, aus dem Verhalten der kolloiden Lösung

des reinen Chlorophylls gegen Kohlensäure Schlussfolgerungen auf das Verhalten des Chlorophylls im lebenden Blatte zu ziehen.

Eine kolloide Chlorophyllösung wird bereitet, indem man die molekulare Lösung des Farbstoffs in Alkohol oder Aceton sehr rasch mit viel Wasser verdünnt und das organische Solvens im Vakuum bei gewöhnlicher Temperatur verjagt. Die grüne Farbe bleibt, sie wird nur etwas gelblicher, aber die prachtvolle rote Fluoreszenz der molekularen Lösung weicht der graugrünen Opaleszenz des Hydrosols.

Leitet man in eine kolloide Chlorophyllösung Kohlendioxyd ein, so wird wie bei der Einwirkung irgend einer Säure durch die Kohlensäure das Magnesium abgespalten und durch Wasserstoff ersetzt. Es entsteht das olivbraune Phaeophytin, für die Komponente a nach der Gleichung:

$$C_{55}H_{72}O_5N_4Mg + H_2CO_3 = C_{55}H_{74}O_5N_4 + MgCO_3.$$

Es hat sich aber gezeigt, dass diese Zersetzung des Chlorophylls keine einfache Reaktion ist. Um sie genauer kennen zu lernen, war es nötig, die Aufnahme von Kohlensäure durch das kolloide Chlorophyll mit quantitativen Methoden zu verfolgen. Mit besonders ausgearbeiteten Methoden, die an dieser Stelle nicht beschrieben werden können, wurde die Löslichkeit von Kohlendioxyd in reinem Wasser für eine bestimmte Temperatur festgestellt und diese verglichen mit der Löslichkeit von Kohlendioxyd in einer gleichen Menge von kolloider Chlorophyllösung. Der bedeutende und mit der Zeit zunehmende Löslichkeitsunterschied zwischen Kohlendioxyd in Wasser und in Chlorophyllösung ist auf das Chlorophyll zurückzuführen. Arbeitet man bei 15° und verwendet man die gegen Säure empfindsichere Chlorophyllkomponente a, so kommt die Aufnahme von Kohlendioxyd erst zum Stillstand, wenn die ganze Menge des Magnesiums aus dem Chlorophyll abgespalten ist. Das Magnesium ist dann natürlich als Magnesiumbicarbonat vorhanden und die Kohlensäureaufnahme gegenüber reinem Wasser entspricht zwei Molekülen CO_2, bezogen auf das angewandte Chlorophyll, das nun vollständig entmagnesiert und olivbraun geworden ist.

Von grösserem physiologischen Interesse ist jedoch das Ergebnis unter Versuchsbedingungen, bei denen das Chlorophyll wie im natürlichen Assimilationsvorgang unversehrt bleibt.

Verwendet man nämlich zu den Versuchen die säurebeständigere Chlorophyllkomponente b oder Gemische von a und b im natürlichen

Verhältnis 3:1 und arbeitet man bei 0°, so ist die Löslichkeitserhöhung des Kohlendioxyds durch das Chlorophyll anfangs weniger gross, sie erreicht aber bald einen erheblichen Bruchteil eines Moleküls und zwar ohne dass Magnesium aus dem Chlorophyll abgespalten wird; dieses hat seine grüne Farbe behalten. Durch Einfliessenlassen der mit Kohlendioxyd gesättigten Chlorophyllösung in Alkohol und durch Erniedrigung des Partialdruckes des Kohlendioxyds gelingt es schliesslich, das Kohlendioxyd in seiner ganzen Menge wieder zu gewinnen und das Chlorophyll unversehrt zu behalten. Das Chlorophyll hatte also mit Kohlensäure eine dissoziable Verbindung eingegangen.

Wird die Chlorophyll-Kohlensäureverbindung einer langsamen Zersetzung in wässeriger Lösung überlassen, so zerfällt sie grösstenteils namentlich bei höherer Temperatur in anderm Sinne, nämlich unter Abspaltung des Magnesiums also unter Zerstörung des Chlorophylls. Die Kohlensäureverbindung des säurebeständigeren Chlorophylls b zeigt immer eine gemischte Spaltung, teilweise Regenerierung des Chlorophylls, teilweise Zersetzung. Nur unter den besonderen Bedingungen der Dissoziation in Alkohol bei niedriger Temperatur gelingt auch bei der Komponente a nach kurzer Kohlensäureeinwirkung die Rückbildung des gesamten Chlorophylls.

Von den Versuchen sind in der Tabelle 3 nur 4 Beispiele mit reinen Chlorophyllkomponenten zusammengestellt.

Tabelle 3.

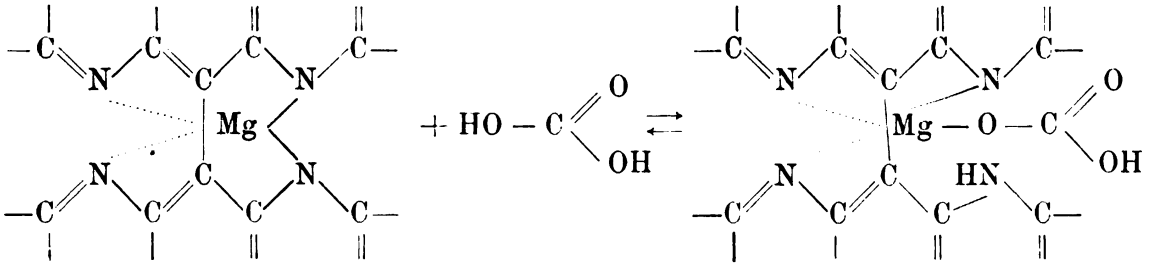
Aufnahme und Wiederabgabe von Kohlendioxyd durch kolloides Chlorophyll bei 0°.

Versuchsdauer	Präparat	Prozente eines Moleküls: Absorbiertes CO_2	Freiwillig entbund. CO_2
50 Min.	Chlorophyll a	23	23
5 Std.	Chlorophyll a	46	12
18 Std.	Chlorophyll b	25	23
71 Std.	Chlorophyll b	40	38

Auch das sehr empfindliche Chlorophyll a bleibt bei einer Kohlensäureabsorption von 23% eines Moleküls in 50 Minuten noch intakt, denn ebensoviel Kohlendioxyd kann wieder entbunden werden. Sein Magnesiumgehalt erwies sich übrigens bei der Aschebestimmung mit 2,6% als unverändert. Die fünfstündige Kohlensäureeinwirkung vermochte dagegen schon stark zersetzend zu wirken. 34% eines Moleküls von aufgenommenem Kohlendioxyd blieben als Magnesiumcarbonat gebunden. Chlorophyll b dagegen gibt sogar nach drei Tage langer

Einwirkung von Kohlensäure bei 0° beinahe das gesamte aufgenommene Kohlendioxyd wieder ab und bleibt intakt.

Chlorophyll ist die sekundäre Magnesiumverbindung des Phaeophytins. Bei der Abspaltung des Metalls durch Kohlensäure oder andere Säuren werden beide Valenzen gelöst, mit welchen das Magnesium an Stickstoffatome gebunden ist. Das Zwischenprodukt der Einwirkung ist daher entsprechend der abgekürzten Gleichung



Chlorophyll Kohlensäureverbindung des Chlorophylls

als primäre Magnesiumverbindung des Phaeophytins zu betrachten, in welcher eine Valenz des Magnesiums an Stickstoff gebunden, die zweite mit Kohlensäure abgesättigt ist. Aus der unversehrten Farbe der Kohlensäureverbindung ist zu schliessen, dass in dem durch Partialvalenzen gebildeten chromophoren Komplex keine Veränderung durch die Kohlensäure erfolgt ist.

Aus dem Ergebnis, dass das Chlorophyll in kolloidem Zustand also in ähnlicher Dispersität wie in den Chloroplasten, befähigt ist, mit der Kohlensäure eine leicht dissoziierbare Verbindung von der Art der Bicarbonate zu bilden, ist zu folgern, dass das Chlorophyll auch im Assimilationsvorgang eine chemische Funktion ausübt, indem es mit der Kohlensäure chemisch reagiert. Aber die Form, in welcher die Kohlensäure mit dem Chlorophyll in Reaktion tritt, ist damit noch nicht bestimmt. Es wurden nämlich Unterschiede zwischen der Reaktion der Kohlensäure mit dem Chlorophyll des Blattes und mit dem reinen Chlorophyll bemerkt. Im Blatt wird das Chlorophyll durch die Kohlensäure viel schwieriger zersetzt als in der reinen kolloiden Lösung. Die Blätter vertragen noch Kohlendioxyd bis zu etwa 20 bis 25 Vol. Prozent und assimilieren in solcher Atmosphäre ausgezeichnet, während die Spaltung des reinen Hydrosols von Chlorophyll in diesem Medium schon mit grosser Geschwindigkeit verläuft. Das Chlorophyll geniesst also in den Chloroplasten einen Schutz gegen die Spaltung durch Kohlensäure.

Ferner ist die Geschwindigkeit der Aufnahme von Kohlensäure in den belichteten Chloroplasten eine viel grössere als bei der Ab-

sorption durch die reine kolloide Lösung. In den günstigsten Fällen die beobachtet worden sind, nämlich bei den chlorophyllarmen Blättern der Aureavarietäten und von etiolierten Pflanzen, erfolgt der Umsatz eines Kohlensäuremoleküls durch ein Chlorophyllmolekül, d. h. Aufnahme und Reduktion in $1^1/_2$ Sekunden. Es ist nicht erreicht worden, eine damit vergleichbare Geschwindigkeit bei der Bildung der dissoziierbaren Kohlensäureverbindung des Chlorophylls mit Hilfe von viel konzentrierterer Kohlensäure zu verwirklichen.

Diese Unterschiede zwischen dem Chlorophyll im Blatte und in der Form des reinen Hydrosols machen weitere analytische Untersuchung erforderlich. Es sind Zusätze zum Hydrosol des Chlorophylls zu suchen, welche die Addition der Kohlensäure an Chlorophyll nicht stören, welche sie sogar beschleunigen und welche die Zersetzung des Chlorophylls hintanhalten.

Besonders deutlich tritt die intensive Kohlensäureabsorption von assimilierenden Blättern in einer wohlbekannten Untersuchung von H. T. Brown und F. Escombe zutage. Diese Forscher zeigten, dass ein in atmosphärischer Luft assimilierendes Blatt mehr als die Hälfte von Kohlendioxyd aufzunehmen vermag wie eine gleiche Fläche bewegter starker Kalilauge. Sie fanden ferner, dass die Epidermis mit ihren Spaltöffnungen den Gasaustausch nicht hindert, trotzdem sie nur $^1/_{100}$ der Blattfläche darstellen. Es zeigte sich nämlich, dass sich die Diffusion von Gasen durch eine durchlöcherte Scheidewand ebenso vollzieht, wie wenn keine Scheidewand vorhanden wäre, insofern nur die zahlreichen Sieblöcher genügend weit auseinander liegen, um sich in ihrer Wirkung nicht gegenseitig zu beeinträchtigen. Der Eintritt der kohlendioxydhaltigen Luft in die Intercellularen wird also durch die Epidermis des Laubblattes nicht erschwert und die rasche Aufnahme des Kohlendioxyds könnte bei der grossen absorbierenden Oberfläche der Intercellularräume verständlich sein, nicht aber die rasche Verarbeitung im photochemischen Assimilationsprozess bei der äusserst niedrigen Konzentration des atmosphärischen Kohlendioxyds.

In einer besonderen Untersuchung, deren Ergebnisse an dieser Stelle nur kurz erwähnt werden können, wurde eine chemische Vorrichtung des Blattes aufgefunden, die für die rasche Aufnahme und für die rasche Verarbeitung des Kohlendioxyds im Blatte mitverantwortlich erscheint.

Bringt man Blätter im Dunkeln aus einer kohlendioxydfreien Umgebung in eine kohlendioxydhaltige, so nehmen sie einen erheblichen Betrag von Kohlendioxyd auf. Beim Zurückbringen der Blät-

ter in kohlendioxydfreie Luft geben sie den ganzen Betrag an zuvor aufgenommener Kohlensäure wieder ab.

Diese Absorptionserscheinung ist nicht etwa auf das Chlorophyll im Blatte zurückzuführen, sie ist dafür zu bedeutend und entspricht z. B. bei den chlorophyllarmen Aureablättern berechnet auf 1 Chlorophyllmolekül nicht weniger als 70 bis 170 Molekülen CO_2. Die Menge des von der Blattsubstanz dissoziabel gebundenen Kohlendioxyds ist in 5-prozentigem Kohlendioxyd etwa das vierfache von der Menge, die das Wasser des Blattes allein zu lösen vermag; in 1-prozentigem Kohlendioxyd beträgt die Absorption das sechsfache und in 0,1-prozentigem bereits das zwölffache des im Wasser der Blattsubstanz unter dem entsprechenden Partialdruck löslichen Kohlendioxyds.

Die Absorptionserscheinung wird also desto bedeutender, je niedriger die Kohlensäurekonzentration ist, das heisst, je mehr sich die Versuchsbedingungen den Lebensbedingungen der Pflanzen in der Atmosphäre nähern.

Eine Beziehung dieser Kohlensäureabsorption des unbelichteten Blattes zum Assimilationsvorgang ist noch nicht bewiesen. Aber es ist wahrscheinlich, dass die Affinität der Blattsubstanz zur Kohlensäure auch das Verhalten des Blattes im Lichte beeinflussen wird, dadurch dass die Kohlensäureabsorption beschleunigt, die Konzentration der Kohlensäure erhöht und die Form, in welcher die Kohlensäure vorliegt, verändert wird.

Auf die Parallelität der Kohlensäureabsorptionserscheinung des Blattes und der bereits bekannten Funktion von Kohlensäureträgern des Blutes, die den Abtransport vom Entstehungsort des Kohlendioxyds zur Lunge besorgen, kann an dieser Stelle nur hingewiesen werden. Im Blatte wie im Blut sind Stoffe vorhanden, die Kohlensäure in bedeutenden Mengen dissoziabel zu binden vermögen, offenbar so, wie sie M. Siegfried in Form der Carbaminoverbindungen und Kohlenestersäuren wahrscheinlich gemacht hat.

Es ist wohl möglich, dass sich die Kohlensäure im Blatte in der Form eines solchen Kohlensäurederivates mit dem Chlorophyll verbindet anstatt als freie Säure selbst. Jedenfalls muss die natürliche Einrichtung, welche die Kohlensäure in die Wirkungssphäre des Chlorophylls bringt, in einem System bestehen, das die Addition beschleunigt, die Zerstörung des assimilatorischen Farbstoffs dagegen verhindert.

In einigen älteren theoretischen Betrachtungen über den Assimilationsvorgang war schon vermutet worden, es könnte sich die Zerlegung der Kohlensäure nach einer Additionsreaktion an das Chloro-

phyll vollziehen. A. Baeyer hat im Jahre 1870 in der berühmten Abhandlung: „Über die Wasserentziehung und ihre Bedeutung für das Pflanzenleben und die Gärung", in der er seine Formaldehydhypothese ausgesprochen hat, freilich nicht Kohlendioxyd, sondern Kohlenoxyd als an Chlorophyll addiert angenommen.

Kohlenoxyd vermag bekanntlich, obschon es halb reduzierte Kohlensäure darstellt, das Kohlendioxyd in der Ernährung der Pflanze nicht zu ersetzen, was wohl seinen Grund darin haben wird, dass es sich mangels saurer Natur nicht an Chlorophyll zu addieren vermag.

F. Hoppe-Seyler scheint zuerst die Vermutung geäussert zu haben, dass die Kohlensäure selbst sich mit dem Chlorophyll verbindet, nämlich, „dass das Chlorophyll zunächst die Kohlensäure in eine lockere Verbindung aufnimmt, die dann durch Einwirkung des Sonnenlichts unter Regeneration des Chlorophylls zerlegt wird."

In neuester Zeit haben namentlich E. Abderhalden in seinem „Lehrbuch der physiologischen Chemie" und H. Euler in seinen „Grundlagen und Ergebnissen der Pflanzenchemie" die Frage einer chemischen Funktion des Chlorophylls kritischer Betrachtung unterworfen. Euler schreibt z. B.: „Dass besonders ein an aktiven Atomgruppen so reicher Stoff wie Chlorophyll imstande ist, Kohlensäure in sich aufzunehmen, muss von vornherein als recht wahrscheinlich bezeichnet werden" und ferner: „Wenn wir also das Chlorophyll als einen Sensibilisator bezeichnen, so gewinnen wir einstweilen dadurch noch keine konkretere Vorstellung von dessen Wirkungsweise. Insbesondere ist man darüber im unklaren, ob und in welchem Grade der Sensibilisator, hier speziell das Chlorophyll, chemisch mit dem Stoff reagiert, dessen Reaktion er beschleunigt; mit anderen Worten, ob die Kohlensäure vor ihrer Reduktion eine Verbindung mit dem Chlorophyll eingeht."

Noch im Jahre 1911 hat M. Tswett in seiner Abhandlung: „Eine Hypothese über den Mechanismus der photosynthetischen Energieübertragung" dem Chlorophyll eine rein physikalische Rolle zugeschrieben. Er nimmt an, dass das Chlorophyll lediglich dazu da sei, Licht zu absorbieren und die aufgenommene Energie als Fluoreszenzlicht wieder auszustrahlen. In dieser Lichtemission erblickt Tswett die unmittelbare Quelle derjenigen Energie, die bei der Assimilation die chemische Arbeit leistet. Tswett macht dabei die sonderbare Annahme, dass die roten Lumineszenzstrahlen des Chlorophylls von der Kohlensäure spezifisch absorbiert werden, was bei der Farblosigkeit der Kohlensäure natürlich ausgeschlossen ist.

Die Vorstellung von Tswett, dass das Sonnenlicht zuerst absorbiert, dann in Form der Lumineszenz wieder ausgestrahlt und endlich

von der farblosen Kohlensäure aufgenommen werde, ist unwahrscheinlich. Sie wird nun ersetzt durch die einfachere Annahme, dass das absorbierte Licht im Chlorophyllmolekül selbst chemische Arbeit leiste. Durch die Bindung an den chromophoren Magnesiumkomplex des Chlorophylls ist die Kohlensäure oder ein Kohlensäurederivat Bestandteil des Farbstoffs geworden. In diese Atomgruppe strömt die Energie der absorbierten Strahlung und die Kohlensäure wird dadurch so umgelagert, dass sie für die Abspaltung des Sauerstoffs vorbereitet ist.

Um sich eine Vorstellung von der Desoxydation der dem Chlorophyllkomplex einverleibten Kohlensäure zu bilden, war es von grundlegender Bedeutung, die Stufe der Reduktion, in die der Kohlenstoff bei der Assimilation zunächst übergeht, mit andern Worten, das primäre Assimilationsprodukt zu kennen.

Die Annahme, dass der Formaldehyd in den chlorophyllhaltigen Pflanzenteilen als erstes Reduktionsprodukt der Kohlensäure auftrete, hat bekanntlich Baeyer in der oben erwähnten Abhandlung ausgesprochen. Es ist seither, namentlich in den Untersuchungen von Th. Curtius und seinen Mitarbeitern oft versucht worden, die Formaldehydhypothese durch den Nachweis von Formaldehydspuren in grünen Pflanzenteilen zu bestätigen. Aber wenn der Nachweis von Formaldehyd gelänge, so hätte er keine Bedeutung für die Beurteilung des Assimilationsvorganges. Der Formaldehyd kann innerhalb der Pflanze durch Umwandlungen entstehen, die keinen Zusammenhang mit der Desoxydation der Kohlensäure haben, beispielsweise, wie H. A. Spoehr gezeigt hat, durch Photolyse von Glykolsäure, Äpfelsäure und andern Pflanzensäuren.

Auch die Versuche anderer Forscher, mit Hilfe von strahlender Energie z. B. der stillen elektrischen Entladung, von ultravioletten Strahlen oder von Radium-Emanation bei Abwesenheit von Chlorophyll die Kohlensäure zu spalten, wobei manchmal Spuren von Aldehyd auftraten, lassen keine sichern Schlüsse ziehen auf den natürlichen Vorgang. Dasselbe gilt von den Versuchen zahlreicher Autoren, die unter Anwendung von meist sehr unreinen Chlorophyllpräparaten die Kohlensäureassimilation ausserhalb der Zelle anstrebten und dabei Spuren von Aldehyd nachweisen konnten. H. Wager sowie Ch. H. Warner, zwei englische Forscher, haben vor kurzem gezeigt, dass der Aldehyd nur bei Gegenwart von Sauerstoff entsteht und von der Photooxydation, also der Zersetzung des Chlorophylls oder seiner Begleitstoffe herrührt.

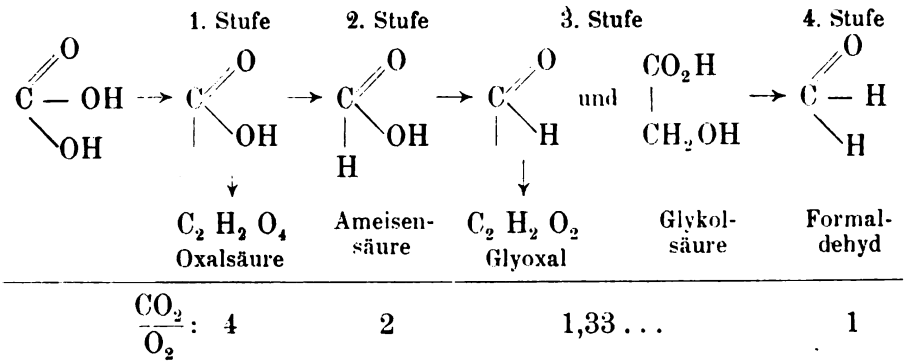
Neue Versuche ähnlicher Art aber mit reinem Chlorophyll in der reaktionsfähigen kolloiden Form liessen nach tagelanger Belichtung im kohlendioxydhaltigen Gasstrom bei Gegenwart von Sauerstoff Photooxydation des Chlorophylls beobachten, beim Fehlen des Sauerstoffs keine Reaktion ausser der langsamen Abspaltung des Magnesiums durch das verdünnte Kohlendioxyd. Nie trat eine Spur von Formaldehyd auf, der nach besonders ausprobierten Methoden doch noch in einer Verdünnung von 1 : 1000000 nachweisbar gewesen wäre.

Die Annahme des Formaldehyds als erstes frei auftretendes Assimilationsprodukt ist noch nicht bewiesen und viel umstritten. In den letzten Jahren haben vor allem physikalische Chemiker, namentlich E. Baur, ferner G. Bredig sowie K. A. Hofmann eine weniger weitgehende Reduktion der Kohlensäure im Assimilationsvorgang angenommen. Der Energieanstieg beim direkten Übergang der Kohlensäure zur Formaldehydstufe, der die Abspaltung von zwei Atomen Sauerstoff voraussetzt, schien diesen Forschern zu gewaltig, um in einem Hub überwunden zu werden. Als primäre Assimilationsprodukte sollten z. B. Oxalsäure oder Ameisensäure entstehen, die dann durch freiwilligen Zerfall einerseits wieder Kohlensäure und andererseits Produkte der Kohlehydratstufe liefern sollten.

Bei der grossen Mannigfaltigkeit der chemischen Stoffe in der Zelle und besonders auch der Pflanzensäuren, die bekanntlich in bedeutenden Mengen bei der Pflanzenatmung intermediär entstehen, wird sich aber nur schwer jemals beweisen lassen, dass eine im Blatte aufgefundene Säure mit der Assimilation überhaupt im Zusammenhang steht. Von einem Stoffwechselprodukt wissen wir jedoch, dass es nur bei der photochemischen Spaltung der Kohlensäure entsteht, nämlich von dem entbundenen Sauerstoff. Seine Menge im Vergleich mit dem aufgenommenen Kohlendioxyd gibt uns zuverlässigen Aufschluss über die Desoxydationsstufe des Kohlenstoffs.

Der Gedanke der Untersuchung über das primäre Assimilationsprodukt war daher die Prüfung des Verhältnisses zwischen absorbiertem Kohlendioxyd zu entbundenem Sauerstoff, des „assimilatorischen Koeffizienten“: $\frac{CO_2}{O_2}$.

Zwischen Kohlensäure und Kohlehydrat gibt es, wenn man nur die einfachsten Möglichkeiten in Betracht zieht, mindestens drei Zwischenstufen gemäss den Formeln:



$\frac{CO_2}{O_2}$:	4	2	1,33 ...		1

Diesen Reduktionsstufen entsprechen die Quotienten aus Kohlendioxyd zu abgespaltenem Sauerstoff 4, 2, 1,33 ... und 1.

Ob die Assimilationsreaktion diese Zwischenstufen überspringt oder ob sie dieselben mit merklichen Geschwindigkeitsunterschieden stufenweise herabschreitet, kann die Bestimmung des assimilatorischen Koeffizienten entscheiden. Der Gasaustausch wird sich ändern, die Menge des freiwerdenden Sauerstoffs wird sinken und daher der assimilatorische Koeffizient steigen, falls Zwischenprodukte der Reduktion auftreten und sich anhäufen.

Wenn der assimilatorische Koeffizient genau 1 ist, so sagt er aus: Es wird der gesamte Sauerstoff aus Kohlendioxyd abgespalten, das Kohlendioxyd wird reduziert zum Kohlenstoff, der natürlich als Hydrat auftritt; das einzige Hydrat des Kohlenstoffs mit nur einem C-atom im Molekül ist der Formaldehyd.

Bekanntlich setzt sich der Gesamtgaswechsel der Blätter aus zwei entgegengesetzten Vorgängen zusammen, aus der im Lichte stark überwiegenden Assimilation, bei der Kohlendioxyd verbraucht und Sauerstoff frei wird und dem namentlich bei höherer Temperatur immerhin beträchtlichen Gaswechsel der Atmung, die Sauerstoff verbraucht und Kohlendioxyd bildet. Der Atmungsvorgang ist aber keine einfache chemische Reaktion, er setzt sich aus vielen verschiedenen Reaktionen zusammen, von denen manche lebenswichtige Synthesen sind und andere der Umformung und Beseitigung von Abfallstoffen dienen. Die Einatmung des Sauerstoffs und die Abgabe der Kohlensäure sind durch viele Zwischenreaktionen getrennt, sodass sie kein konstantes Verhältnis bilden.

So ist es erklärlich, dass die Resultante des Assimilationsgaswechsels und der Atmung in den älteren Arbeiten stark schwankend gefunden wurde z. B. in den Versuchen von J. B. Boussingault von 0,81 bis 1,17.

Erst viel später haben G. Bonnier und L. Mangin mit vier verschiedenen Verfahren versucht, „à séparer l'action chlorophyllienne de la respiration". Es scheint jedoch nicht, dass es ihnen gelungen ist, den Einfluss der Atmung auf den assimilatorischen Koeffizienten auszuschalten, dessen Werte von 1 stark abweichen, sodass, namentlich wenn man die den Autoren unterlaufenen Rechenfehler korrigiert und mit den Versuchsdaten rechnet, z. B. bei Ilex aquifolium die anderthalbfache Menge von entbundenem Sauerstoff als für aufgenommene Kohlensäure erhalten wird. Arbeiten aus den letzten Jahren haben den reinen assimilatorischen Koeffizienten wiederum nur indirekt zu bestimmen versucht und man war daher bis jetzt fast allein auf die zahlenmässig ungenaue Untersuchung von Bonnier und Mangin angewiesen. Und doch ist die genaue Kenntnis des assimilatorischen Gasaustausches von grundlegender Bedeutung. Während die Resultante aus der Assimilation und der Atmung gar nichts über die photosynthetische Reaktion aussagt und keine genügende Grundlage für die Formaldehydhypothese geboten hat, zeigt der rein assimilatorische Koeffizient eindeutig und ohne Hypothese die Reduktionsstufe des Kohlenstoffs an, in die das Kohlendioxyd unmittelbar in der Assimilationsreaktion umgeformt wird.

Auch in der Untersuchung über den assimilatorischen Koeffizienten sind abgeschnittene Blätter maximalen äusseren Assimilationsbedingungen unterworfen worden. Man erreichte damit, dass der Einfluss von Schwankungen im Atmungsvorgang praktisch verschwindet. Der Gaswechsel der Assimilation ist unter unsern Versuchsbedingungen etwa der 30fache von dem der Atmung. Die Anwendung von hohem Teildruck der Kohlensäure und starker Belichtung bietet aber auch am ehesten die Möglichkeit für ein Auftreten von Zwischenprodukten bei der Assimilationsreaktion; denn das Blatt ist angepasst an den etwa zehnmal kleineren Umsatz an Assimilationsprodukten unter natürlichen Bedingungen. Die stufenweise Desoxydation der Kohlensäure müsste sich kenntlich machen durch einen Fehlbetrag an abgegebenem Sauerstoff gegenüber dem verbrauchten Kohlendioxyd also durch Erhöhung des assimilatorischen Koeffizienten über 1 zu Beginn des Versuches oder nach sehr langer Dauer, wenn die Assimilationstätigkeit infolge Ermüdung der Chloroplasten beispielsweise bis auf die Hälfte gesunken ist oder bei Anwendung extremer Versuchstemperaturen oder nach Störungen der normalen Protoplasmafunktion durch Sauerstoffentzug.

Die gasanalytische Methode war so ausgearbeitet, dass die Fehler bei den Bestimmungen von aufgenommenem Kohlendioxyd und ab-

gegebenem Sauerstoff den assimilatorischen Koeffizienten in der zweiten Dezimale höchstens um ein bis zwei Einheiten beeinflussen konnten. Kohlendioxyd und Sauerstoff wurden mit einer für den besonderen Zweck etwas modifizierten Bürette nach H. Drehschmidt mit einer Genauigkeit von ± 0,005 Vol. Prozent bestimmt. Die in jeder Gasanalyse ermittelten Beträge an verbrauchtem CO_2 und abgegebenem O_2 stellen den assimilatorischen Gaswechsel dar von gewöhnlich etwa 10 g Laubblättern in einem Intervall von nur drei bis vier Minuten.

Aus dem Versuchsmaterial sind charakteristische Beispiele in der Tabelle 4 zusammengestellt.

10 g Holunderblätter assimilierten in 5 prozentigem Kohlendioxyd bei 25° und Belichtung mit Sonnenintensität in der ersten Stunde 0,124 g CO_2, in der zehnten Stunde noch 0,088 g; der assimilatorische Koeffizient ist dann 1,00. Ähnliches gilt für die Versuche bei 35° und bei 10°, ungeachtet des raschen Rückgangs der Leistung in dem Versuch bei hoher Temperatur auf beinahe die Hälfte vom Anfangswert. Ilex aquifolium wurde gewählt als ein Beispiel von Pflanzen, die bei den Messungen von Bonnier und Mangin sehr grosse Abweichungen des assimilatorischen Koeffizienten von der Zahl 1 ergeben haben; Stechpalme bildet jedoch nach den neuen Messungen keine Ausnahme. Auch ein Laubmoos (Leucobryum glaucum) mit nur sehr schwacher assimilatorischer Leistung ergab denselbeu Koeffizienten wie die hochentwickelten Pflanzen. Blätter von Cyclamen hatten schon vor der Belichtung stundenlang in sauerstofffreiem Medium geweilt, der assimilatorische Koeffizient war dennoch 1.

Bei der Assimilation der Sukkulenten werden bekanntlich zu tiefe Werte von $\frac{CO_2}{O_2}$ gefunden, weil diese Pflanzen in der nächtlichen Atmung statt der flüchtigen Kohlensäure einen bedeutenden Vorrat an organischen Säuren bilden, um denselben am Tageslicht aufzuzehren. Die Sukkulenten sind eingerichtet, möglichst wenig Wasser durch Transpiration zu verlieren. Die Fläche der oberirdischen Organe ist verkleinert, die Spaltöffnungen sind wenig zahlreich. Dadurch wird andererseits der Eintritt des Kohlendioxyds in die pflanzlichen Gewebe erschwert und die Pflanze ist darauf angewiesen, Atmungskohlensäure einzusparen. Die tagsüber erfolgende Verarbeitung der nicht flüchtigen Säuren am Lichte bedingt ein Plus von Sauerstoff im Verhältnis zu der von aussen aufgenommenen Kohlensäure. Das findet seinen Ausdruck in dem sehr niedrigen Koeffizienten 0,44 (Tab. 4) zu Anfang der Belichtung nach tagelangem Aufenthalt der Opuntia im Dunkeln. Bei lange dauernder Belichtung versiegt diese Quelle der innern Kohlensäureversorgung

Tabelle 4.

Assimilation

in 5 vol. proz. CO_2, 1/2 bis 1 Sonnenstärke

Pflanze	Medium	Temperatur	Vers. Dauer Stunden	Von 10 g Blatt in 1 Std. assim. CO_2 (g)		Assimilator. Koeff.: $\frac{CO_2}{O_2}$	
				am Anfang des Vers.	am Ende des Vers.	am Anfang des Vers.	am Ende des Vers.
Sambucus nigra . .	CO_2—Luft	25°	10	0,124	0,088	—	**1,00**
„ „	„ „	35°	4 1/2	0,164	0,090	**0,99**	**1,00**
Aesculus Hipp. . .	„ „	10°	3 1/2	0,038	0,048	**0,98**	**1,00**
Ilex aquifolium . .	„ „	25°	3	0,074	0,055	**1,00**	**1,00**
Leucobryum glauc. .	„ „	25°	1	0,006	—	**0,99**	—
Cyclamen europ. .	CO_2—N.	25°	2 1/2	0,064	0,053	**1,01**	**1,00**
Opuntia	CO_2—Luft	30°	6	0,004	0,002	**0,44**	**0,85**

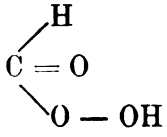
mehr und mehr, die Menge des abgegebenen Sauerstoffs nähert sich der Menge von aufgenommenem Kohlendioxyd, der assimilatorische Koeffizient nähert sich 1. Nach sechsstündiger Belichtung betrug er 0,85. Der assimilatorische Koeffizient der Sukkulenten, dieser ausgesprochenen Säurepflanzen weicht im entgegengesetzten Sinn von 1 ab, als es bei der Bildung von Pflanzensäuren während der Assimilation der Fall wäre.

Eine Anomalie des assimilatorischen Gaswechsels im Sinne einer zu geringen Sauerstoffentbindung liess sich unter all diesen variablen Versuchsbedingungen, die dafür günstig gewesen wären, nicht erzwingen. Es ist daher nicht möglich, dass ein Zwischenglied der Desoxydation frei vorkommt.

Freilich lässt sich durch die Bestimmnng des assimilatorischen Koeffizienten nicht entscheiden, ob am Chlorophyll selbst in einem Hube die Umwandlung der Kohlensäure unter Energieaufnahme erfolgt oder in mehreren Stufen. Die Menge eines Zwischenproduktes am Chlorophyll ist zu klein, um einen messbaren Ausschlag im Gasaustausch zu geben. Aber es ist zu schliessen, dass erst dann, wenn aus einem Molekül Kohlendioxyd der gesamte Sauerstoff entbunden worden ist, das Chlorophyll für die Aufnahme und Umformung eines neuen Moleküls Kohlensäure frei wird.[1])

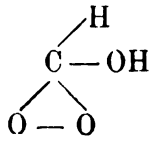
Damit eine Entbindung von molekularem Sauerstoff aus der Kohlensäure möglich ist, muss diese übergehen in ein Isomeres von Peroxydkonstitution. Sehr wahrscheinlich ist diese peroxydische Umlagerung der Kohlensäure, die Umgruppierung der Valenzen des dem Chlorophyll eingefügten Kohlensäuremoleküls die Reaktion, welche die vom Chlorophyll aufgenommene Lichtenergie verbraucht.

Ein peroxydisches Isomeres der Kohlensäure ist aus den Arbeiten von d'Ans in der Perameisensäure von der Formel



bekannt und manche Beobachtung der Literatur und aus eigenen Versuchen spricht für die Existenz eines zweiten Isomeren, nämlich von Formaldehydperoxyd:

[1]) Die geringste Menge einer frei auftretenden stärker sauren Verbindung als Kohlensäure wie Oxalsäure oder Ameisensäure im Chloroplasten würde übrigens den Chlorophyllfarbstoff zerstören. Schon 25-vol. proz. Kohlensäure genügt, um dem Chlorophyll lebender Blätter selbst im Licht das Magnesium zu entziehen; die Blätter bekommen sehr bald braune Flecken.

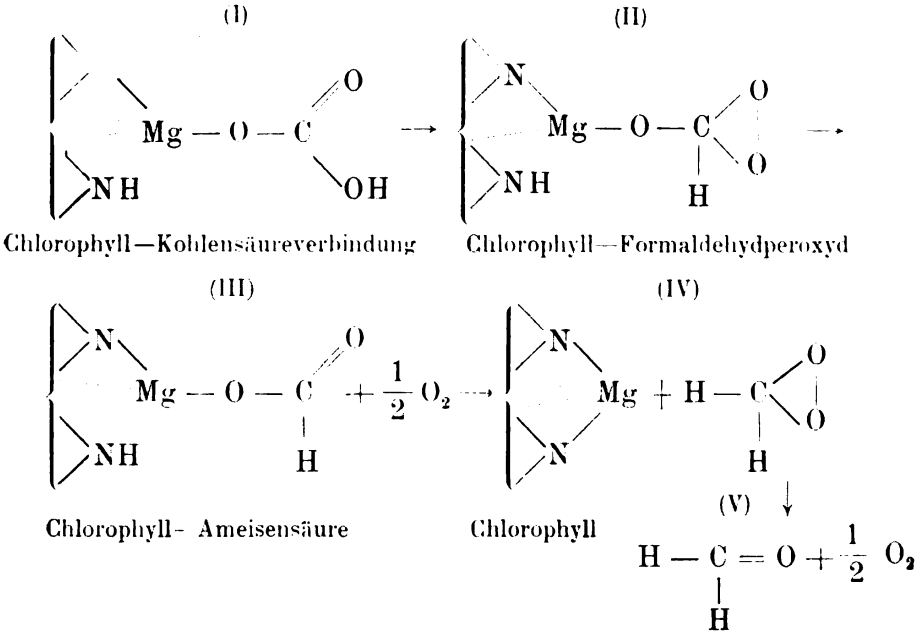


Es sind also in den beiden Isomeren zwei verschiedene Formen umgelagerter Kohlensäure möglich, die sich zum freiwilligen Zerfall unter Sauerstoffabgabe eignen, aber die Isomerisation zu einem Peroxyde muss nicht in einem Additionsprodukt von Kohlensäure selbst an Chlorophyll stattfinden, es ist auch möglich, dass es das Additionsprodukt eines Kohlensäure derivates an Chlorophyll ist, in welchem sich die Umlagerung abspielt. Für die im Folgenden aufgezeichneten Formeln ist die einfachere Möglichkeit der Addition von Kohlensäure allein gewählt (I).

Nach dem Wert des assimilatorischen Koeffizienten, der unverrückbar und genau 1 beträgt, entbindet die Kohlensäure im Assimilationsvorgang glatt die molekulare Menge Sauerstoff. Die Umlagerung der Kohlensäure kann man sich so erfolgend denken, dass zwei Atome Sauerstoff auf einmal abgespalten werden oder wahrscheinlicher so, wie es das in den Formeln gewählte Beispiel ausdrückt, dass zunächst nur die Gelegenheit zur Abspaltung von einem Atom Sauerstoff gegeben ist (II) und dass eine Wiederholung des Vorgangs erfolgt. Es entspricht also die in der Formel angenommene Umlagerung nicht dem vollen Potentialhub, der von der Lichtenergie zu leisten ist. An der Zwischenstufe der Desoxydation, die der Ameisensäure (III) entspricht, wiederholt sich die Umlagerung durch Energieaufnahme zu einer peroxydischen Verbindung (IV), die wiederum ein halbes Molekül Sauerstoff abspaltet, sodass als erstes vom Chlorophyll losgelöstes und existenzfähiges Assimilationsprodukt, die Formaldehydstufe erreicht wird (V), so wie es der Wert des assimilatorischen Koeffizienten verlangt.

Aus der Disproportionalität zwischen der assimilatorischen Leistung der Blätter und ihrem Chlorophyllgehalt und einer Reihe anderer Beobachtungen wurde der Schluss gezogen, dass sehr wahrscheinlich eine Teilreaktion des assimilatorischen Vorgangs durch ein Enzym katalytisch beschleunigt werde. Das muss ein Vorgang sein, der ohne Energiezufuhr erfolgt, denn Katalysatoren vermögen keine Energie zu liefern. Es ist daher wahrscheinlich, dass das Enzym die Sauerstoffentbindung aus der Peroxydstufe der Kohlensäure, die sich für freiwilligen Zerfall eignet, katalytisch beschleunigt.

Der gebildete Formaldehyd bedarf zu seiner Kondensation zu Zucker keiner Energiezufuhr mehr, er braucht daher mit dem Chloro-



phyll nicht mehr verbunden zu sein. Es wurde denn auch gefunden dass Formaldehyd zu kolloidem Chlorophyll keine chemische Affinität besitzt.

Zusammenfassend kommt man etwa zu der folgenden Vorstellung des Assimilationsprozesses:

Das Kohlendioxyd diffundiert aus den Intercellularräumen durch die Zellwände, wird durch eine chemische Vorrichtung der Zelle i, höhere Konzentration gebracht und dem Chlorophyll in besonders reaktionsfähiger Form zugeleitet. Die Kohlensäure als solche oder ein Kohlensäurederivat wird dann vom Chlorophyll addiert. Diesen dem Chlorophyllmolekül eingefügten Kohlensäure strömt das absorbierte Licht als chemisches Potential zu und lagert sie peroxydisch um, sodass unter Mitwirkung eines spezifischen Enzyms die molekulare Menge von Sauerstoff abgespalten werden kann. Als erstes freiauftretendes Assimilationsprodukt wird die Kohlehydratstufe erreicht, deren einfachster Representant der Formaldehyd ist.

Über die durch reguläre Polyeder nicht stützbaren Körper.

Von

ERNST MEISSNER.

(Als Manuskript eingegangen am 6. April 1918.)

Wenn man eine Kugel in eine Schachtel von Würfelform hineinpackt, dass sie alle Seitenflächen derselben berührt, so bleibt sie immer noch mit drei Freiheitsgraden beweglich (Drehungen um ihren Mittelpunkt). Dasselbe gilt von denjenigen Körpern, die von konvexen Flächen konstanter Breite begrenzt sind. Ersetzt man den Würfel durch ein anderes reguläres Polyeder, so stellt sich das Problem, die Körper aufzufinden, die im Innern dieses Polyeders ebenfalls mit drei Freiheitsgraden derart bewegt werden können, dass sie stets alle Polyederseiten berühren. Diese Aufgabe soll hier für alle fünf regulären Vielflache behandelt werden. Sie führt auf gewisse Funktionalgleichungen auf der Einheitskugel. Denkt man sich das Vielflach beweglich, den Körper und seine Oberfläche im Raum fest, so kann sie folgendermassen ausgesprochen werden:

Gegeben sei eines der regulären Polyeder R. Gesucht wird die allgemeinste geschlossene (konvexe) Fläche F_R mit der Eigenschaft, dass ihr das Vielflach R in allen Stellungen so umschrieben werden kann, dass alle seine Seitenflächen die Fläche F_R berühren.

1.

Es wird zunächst ein Hilfssatz vorausgeschickt.

Sei x eine reelle feste Zahl zwischen -1 und $+1$.

$$P_n = P_n(x) = \frac{1}{2^n n!} \frac{d^n (x^2-1)^n}{dx^n}$$

das $n$te Legendresche Polynom, und

$$U_n(x) = P_{n+1}^2 + P_n^2 - 2x P_{n+1} P_n = (P_{n+1} - x P_n)^2 + (1-x^2) P_n^2 \quad (1)$$

Hilfssatz: Ist für einen Index $\varkappa$

$$U_\varkappa(x) < x^2(1-x^2) \tag{2}$$

so hat die Gleichung für den Index n

$$P_n(x) = x \tag{3}$$

keine Lösung, für die $n > \varkappa$ wäre.

Dies ergiebt sich sofort, wenn bewiesen wird, dass für $n > \varkappa$ stets

$$| P_n(x) | < \sqrt{\frac{U\varkappa(x)}{1-x^2}} \tag{4}$$

weil die rechte Seite dieser Ungleichung nach (2) dann kleiner als $|x|$ wird, was die Gültigkeit der Beziehung (3) ausschliesst.

Nach (1) sind die U_n nie negativ.

Zwischen benachbarten Legendreschen Polynomen besteht die Relation

$$P_{n+1}(x) = \frac{2n+1}{n+1}\, x\, P_n(x) - \frac{n}{n+1}\, P_{n-1}(x)$$

und es ist daher

$$U_n - U_{n-1} = -\frac{(2n+1)}{(n+1)^2}\,(x P_n - P_{n-1})^2 \leq 0$$

Die Grössen

$$U_\varkappa\ U_{\varkappa+1}\ U_{\varkappa+2} \ldots .$$

bilden somit eine nicht zu nehmende Folge positiver Zahlen, und es ist

$$U_n \leq U_\varkappa \text{ sobald } n > \varkappa \text{ ist.} \tag{5}$$

Nun wird durch

$$\xi^2 + \eta^2 - 2\,\xi\,\eta\,.\,x = \lambda^2$$

in der $(\xi\eta)$ Ebene eine Ellipse dargestellt, die die geraden

$$\frac{\xi}{\eta} = \pm\sqrt{\frac{\lambda^2}{1-x^2}}$$

zu Tangenten hat. Der Vergleich mit (1) ergibt daher

$$| P_n(x) | \leq \sqrt{\frac{U_n(x)}{1-x^2}}$$

woraus wegen (5) die zu beweisende Ungleichung (4) folgt.

2.

Eine beliebige Richtung im Raum werde durch Poldistanz ϑ und geographische Länge φ festgelegt, und durch den Punkt r bezeichnet, den sie auf der Einheitskugel bestimmt.

Die im Raum feste Fläche F_R wird durch ihre Stützebenenfunktion $p(r)$ angegeben. Es ist also $p(r)$ die Länge des Lotes von einem festen Anfangspunkt aus nach der zu r normalen Stütz- oder Tangentialebene der Fläche.

Das Polyeder R sei in beliebiger Stellung der Fläche F_R umschrieben. Es seien r_i die Richtungen der Lote auf seine Seitenflächen. Die Punkte r_i bilden auf der Einheitskugel ein zweites reguläres Polyeder R^*. Es sei ferner a der Radius der Kugel, welche dem Vielflach R eingeschrieben werden kann, und

$$q(r) = p(r) - a$$

Wenn nun vier zu $p(r_1)$, $p(r_2)$, $p(r_3)$, $p(r_4)$ gehörende Stützebenen Seitenflächen des regulären Vielflachs R sein sollen, so müssen die zu $q(r_1)$, $q(r_2)$, $q(r_3)$, $q(r_4)$, gehörenden Ebenen durch einen Punkt gehen.

Ist c der Mittelpunkt der Einheitskugel, V_{hik} das algebraisch gerechnete Volumen des Tetraeders $c\,(r_h r_i r_k)$, so ist infolgedessen

$$L = q(r_1)\, V_{234} - q(r_2)\, V_{134} - q(r_3)\, V_{142} - q(r_4)\, V_{123} = 0 \qquad (6)$$

Es sei jetzt r_1 eine beliebige Ecke von R^*, r_2, r_3, r_4 drei dazu benachbarte aufeinanderfolgende Ecken.

1. Fall. $R =$ Ikosaeder $\qquad R^* =$ Dodekaeder.

$$V_{123} = V_{134} = V_{142} \qquad V_{234} = \sqrt{5} \cdot V_{123}.$$

Die Bedingung (6) nimmt hier die Form an

$$L = \sqrt{5}\, q(r_1) - [q(r_2) + q(r_3) + q(r_4)] = 0 \qquad (6_1)$$

2. Fall. $R =$ Dodekaeder $\qquad R^* =$ Ikosaeder

$$V_{123} = V_{134} \quad V_{234} = -V_{142} = \frac{\sqrt{5}-1}{2} \cdot V_{123}$$

Gleichung (6) lautet:

$$L = \frac{\sqrt{5}-1}{2} \cdot [q(r_1) + q(r_3)] - [q(r_2) + q(r_4)] = 0 \qquad (6_2)$$

3. Fall. $R =$ Würfel $\quad R^* =$ Oktaeder.

$V_{123} = V_{134} \quad V_{142} = V_{234} = 0$

(6) wird hier einfach zu

$$L = q(r_2) + q(r_4) = 0 \tag{6_3}$$

wo r_2 und r_4 entgegengesetzt gleiche Richtungen sind.

4. Fall. $R =$ Oktaeder $\quad R^* =$ Würfel.

$V_{123} = V_{134} = V_{142} = V_{234}$.

(6) lautet

$$L = q(r_1) - [q(r_2) + q(r_3) + q(r_4)] = 0 \tag{6_4}$$

5. Fall. $R =$ Tetraeder $\quad R^* =$ Tetraeder.

$V_{123} = V_{134} = V_{142} = -V_{234}$. Man hat hier

$$L = [q(r_1) + q(r_2) + q(r_3) + q(r_4)] = 0. \tag{6_5}$$

3.

Die Stützebenenfunktion $p(r)$ der gesuchten Fläche gestatte eine Entwicklung nach Laplaceschen Kugelflächenfunktionen, die in der Form

$$p(r) = p(\delta, \varphi) = \sum_0^\infty Y_n(\delta, \varphi) \tag{7}$$

angesetzt werde, sodass

$$q(\delta, \varphi) = (Y_0 - a) + Y_1 + Y_2 + \ldots\ldots \tag{7'}$$

wird, wobei

$$Y_n(\delta, \varphi) = \sum_{\varkappa=0}^{n} (A_{n\varkappa} \cos \varkappa\varphi + B_{n\varkappa} \sin \varkappa\varphi) \frac{d^\varkappa P_n(\cos\delta)}{d(\cos\delta)^\varkappa} \cdot \sin^\varkappa \delta \tag{8}$$

bedeutet.

Lässt man vorläufig den Punkt r_1 in den Nordpol der Einheitskugel ($\delta = 0$) fallen, so haben die Punkte $r_2\ r_3\ r_4$ gleiche Poldistanz δ^*, und ihre Längen unterscheiden sich um feste Winkel. Die linke Seite L der Relation (6) muss jedenfalls von φ ganz unabhängig werden. Setzt man daher (7') und (8) dort ein, so wird

$$[L]_{\vartheta=0} = (Y_0 - a)\ \lambda_0 + \sum_1^\infty \lambda_n A_{n0}$$

wo die λ_n sofort näher zu bestimmende rein numerische Koeffizienten bedeuten. Da ferner

$$A_{n0} = [Y_n]_{\vartheta=0}$$

den Wert von Y_n für den Nordpol bedeutet, so hat man, wenn nachträglich r_1 in eine beliebige Stellung $(\delta\varphi)$ verlegt wird

$$L(r_1) = [L]_{\substack{\vartheta \\ \varphi}} = (Y_o - a)\,\lambda_0 + \sum_1^{\infty} \lambda_n\, Y_n(\delta, \varphi)$$

Soll aber L für jede Stellung von R resp. R^* zu null werden, wie es die Aufgabe verlangt, so muss wegen der Eindeutigkeit der Entwicklung nach Kugelflächenfunktionen

$$(Y_o - a)\,\lambda_o = 0 \tag{9}$$

sein, und es können im Ansatz (7) nur diejenigen Funktionen Y_n auftreten, für welche

$$\lambda_n = 0 \tag{10}$$

wird. In der folgenden Tabelle sind die Werte von λ_o, cos δ^* und λ_n zusammengestellt.

	λ_o	cos δ^*	λ_n
1. Ikosaeder	$3\left(\frac{\sqrt{5}}{3} - 1\right)$	$\frac{\sqrt{5}}{3}$	$3\left[\frac{\sqrt{5}}{3} - P_n\left(\frac{\sqrt{5}}{3}\right)\right]$
2. Dodekaeder	$\frac{\sqrt{5} - 5}{2}$	$\frac{1}{\sqrt{5}}$	$\frac{5 - \sqrt{5}}{2} \cdot \left[\frac{1}{\sqrt{5}} - P_n\left(\frac{1}{\sqrt{5}}\right)\right]$
3. Würfel	2	-1	$[1 + P_n(-1)]$
4. Oktaeder	-2	$+\frac{1}{3}$	$3\left[\frac{1}{3} - P_n\left(\frac{1}{3}\right)\right]$
5. Tetraeder	4	$-\frac{1}{3}$	$-3\left[-\frac{1}{3} - P_n\left(-\frac{1}{3}\right)\right]$

Da stets $\lambda_0 \neq 0$ ist, so ist in allen Fällen

$$Y_o = a \tag{11}$$

und die Gleichung (10) hat überall die Form

$$P_n(x) = x \tag{3}$$

auf welche sich unser Hülfssatz bezieht.

Sie ist zunächst für jedes x für $n = 1$ erfüllt. Y_1 in (7) bleibt willkürlich.

1. Fall. Für das Ikosaeder ist $x = \frac{\sqrt{5}}{3}$, und die Bedingung (2) ist für $\varkappa = 2$ erfüllt. $\left(U_2 = \frac{116}{9^3};\ x^2(1 - x^2) = \frac{180}{9^3}\right)$. Es existieren keine weitern Lösungen von (3).

2. Fall. Für das Dodekaeder ist $x = \frac{1}{\sqrt{5}}$ und (2) gilt von $\varkappa = 4$

ab. $\left(U_4 = \frac{356}{5^5};\ x^2(1-x^2) = \frac{500}{5^5}\right.$, während unter 4 nur die Lösung $n = 1$ vorhanden ist.

In beiden Fällen ist also (7) von der Form

$$p = a + Y_1.$$

und dies ist die Stützebenenfunktion einer beliebig orientierten Kugel vom Halbmeser a, die hier die einzige Lösung darstellt.

3. Fall. Für den Würfel ist $x = -1$ und Gleichung (3) hat die unendlich vielen Lösungen

$$n = 2\varkappa + 1$$

sodass

$$p = a + \sum_{\varkappa=0}^{\infty} Y_{2\varkappa+1}$$

wird. Wie sich hieraus oder auch aus (6_3) direkt ablesen lässt, sind die gesuchten Flächen F hier identisch mit den Flächen konstanter Breite $2a$.

5. Fall. Für das Tetraeder ist $x = -\frac{1}{3}$ und Ungleichung (2) für $\varkappa = 6$ erfällt. $(U_6 = 45896 \cdot 3^{-12};\ x^2(1-x^2) = 52488 \cdot 3^{-12}$

Unterhalb $n = 6$ existieren die Lösungen

$$n = 1 \qquad n = 2 \qquad n = 5 \quad .$$

Man hat also

$$\left.\begin{aligned} q &= Y_1 + Y_2 + Y_5 \\ p(r) &= a + Y_1 + Y_2 + Y_5 \end{aligned}\right\} \quad (12)$$

anzusetzen.

Die Bedingung (6_5) ist nun nicht nur notwendig, sondern in Verbindung mit (11) auch hinreichend, dass alle der Fläche F umschriebenen regulären Tetraeder kongruent seien. Es wird hier

$$(L)_{\vartheta=0} = q(0, \varphi) + q(\delta^*, \varphi) + q\left(\delta^*, \varphi + \frac{2\pi}{3}\right) + q\left(\delta^*, \varphi - \frac{2\pi}{3}\right)$$

und dieser Ausdruck wird beim Einsetzen von (12) und (8) unter Beachtung der Gleichung

$$\left(\frac{d^3 P_5(x)}{dx^3}\right)_{x=-\frac{1}{3}} = 0$$

identisch zu null, welches auch die Werte der Koeffizienten A, B der auftretenden Kugelfunktionen seien. Daraus folgt, dass die Gleichung

(6_5) auch dann erfüllt ist, wenn der Punkt r_1 statt in den Nordpol, nach einer beliebigen andern Stelle verlegt wird, und dass somit (12) wirklich eine Lösung gibt, welches auch die Koeffizienten der Kugelfunktionen seien.

4. Fall. Die Lösungen für das Oktaeder lassen sich aus denen für das Tetraeder ableiten, da sie in ihnen enthalten sein müssen. Aus den gefundenen Tetraederlösungen werden sie ausgeschieden, wenn man die Forderung hinzufügt, dass die Flächen auch konstante Breite haben sollen. Dementsprechend ist hier

$$p = a + Y_1 + Y_5. \tag{13}$$

was den Lösungen $n = 1$ $n = 5$ von (3) für $x = \frac{1}{3}$ entspricht.

Bei gegebener Polyedergrösse (a) enthält die Lösung (12) 19, die Lösung (13) 14 willkürliche Parameter. Von diesen hängen die drei Koeffizienten von Y_1 und drei weitere von der Orientierung der Fläche im Raume ab, sodass 13 resp. 8 eigentliche Formparameter übrig bleiben. Nimmt man sie alle gleich null an, so ergibt sich die Kugel. Für genügend benachbarte Werte ergeben sich konvexe geschlossene Flächen, wie es der Sinn unserer Aufgabe verlangt. Eine Diskussion dieser Flächen ist teils von mir[1]) an anderm Orte gegeben worden, teils lässt sie sich einfach durchführen auf Grund der Formeln, die von A. Hurwitz[2]) angegeben worden sind. Die Flächen besitzen eine Reihe von interessanten Eigenschaften und es ist zu bemerken, dass sie unter Aufrechterhaltung der Konvexität doch erheblich von der Kugelform abweichen können.

4.

Die Resultate der vorliegenden Untersuchung können folgendermassen ausgesprochen werden:

Die Aufgabe hat die Kugel als einzige Lösung, wenn das stützende Polyeder ein Ikosaeder oder ein Dodekaeder ist.

Die Aufgabe hat für den Fall eines stützenden Würfels als vollständige Lösung die Gesamtheit aller Flächen konstanter (vorgeschriebener) Breite.

---

[1]) Verhandlungen d. Schweiz. naturf. Ges. Basel 1910 (Bd. 1).

[2]) Annales de l'école normale T XIX (1902) S. 401 ff.

Für den Fall eines stützenden Tetraeders ist die Stützebenenfunktion der allgemeinsten Lösung

$$p = a + Y_1 + Y_2 + Y_5$$

und die Lösung enthält 13 eigentliche Formparameter, die innerhalb des Konvexitätsbereichs der Fläche willkürlich wählbar sind.

Für das Oktaeder endlich hat die allgemeinste Lösung die Form

$$p = a + Y_1 + Y_5$$

die acht wesentliche Formparameter enthält.

Beiträge zur Kenntnis der Reparationsprozesse bei Hirudineen.

Aus dem zoologisch-vergleichend anatomischen Institut der Universität Zürich.

Von

ERNST WÜRGLER.

(Als Manuskript eingegangen am 2. Mai 1918.)

Die nachstehenden Mitteilungen stellen einen Auszug einer Arbeit dar, welche auf Anregung von Herrn Prof. Dr. A. Lang im zoologisch-vergleichend anatomischen Institut der hiesigen Universität unternommen und unter der Leitung von Herrn Prof. Dr. K. Hescheler im Frühjahr 1917 zum Abschluss gebracht wurde. Die vollständige, als Dissertation der philosophischen Fakultät II der Universität Zürich eingereichte Arbeit wird in der „Jenaischen Zeitschrift für Naturwissenschaft" erscheinen.

Auch an dieser Stelle sei es mir vergönnt, der gütigen Unterstützung, welche ich von Seiten meiner hochverehrten Lehrer, der Herren Professoren Dr. A. Lang und Dr. K. Hescheler, sowie von Fräulein Privatdozent Dr. M. Daiber erfahren durfte, in Dankbarkeit zu gedenken.

Es ist das Verdienst der modernen Experimentalzoologie, darauf hingewiesen zu haben, dass es für die Kenntnis einer Tiergruppe und ihrer verwandtschaftlichen Beziehungen nicht genügt, die äussern und innern morphologischen Verhältnisse des Tierkörpers nur im normalen Zustand zu untersuchen und daraus Schlüsse auf das funktionelle Verhalten zu ziehen, sondern dass es daneben von grösster Wichtigkeit ist, das Lebewesen, so gut wie einen anorganischen Körper, durch Schaffung von separaten Zuständen im Experiment in bezug auf spezielle Potenzen kennen zu lernen. Ohne auf die Frage einzutreten, ob das Regenerationsvermögen als eine primäre Eigenschaft der lebenden Substanz überhaupt zukommt oder ob es einen, durch Selektion noch sekundär veränderten Neuerwerb darstellt, sei hier nur an die interessanten Zusammenhänge zwischen der Lebensweise eines Tieres, der histologischen Beschaffenheit seines Körpers und dessen Verletzbarkeit in der freien Natur erinnert, welche durch

die Untersuchung der reparativen resp. regenerativen Fähigkeit bei den einzelnen Gruppen eröffnet worden sind.

Während diesbezügliche Arbeiten an den borstentragenden Vertretern innerhalb des Stammes der Anneliden nicht nur früh — sie reichen bis in die Mitte des 18. Jahrhunderts zurück (Bonnet) —, sondern bis auf den heutigen Tag auch in intensiver Weise unternommen wurden und dementsprechend auch schon eine weitgehende Kenntnis über das Wiederherstellungsvermögen dieser Tiere nach künstlicher Entfernung von Ringeln zu Tage gefördert haben, ist das Gleiche bei der den Chaetopoden verwandten Klasse der Hirudineen keineswegs der Fall. Wohl haben diese letztern, als spezialisierte Annelidengruppe, in den vergangenen Dezennien sowohl auf histologisch-cytologischem Gebiet als auch im Ausbau der mikroskopischen Technik zu umfassenden Untersuchungen Anlass gegeben, aber das Tatsachenmaterial, welches schon eine Anzahl von Theorien in bezug auf die Kausalität des Regenerationsvermögens oder -unvermögens bei den Hirudineen ins Leben gerufen hat, ist noch sehr gering. Hier eine Lücke ausfüllen zu helfen, lag als Absicht den im folgenden erwähnten eigenen Untersuchungen zugrunde.

Materialbeschaffenheit.

Zu den Operationen wurden Vertreter von sechs Spezies herangezogen, welche in den Gewässern der weitern Umgebung von Zürich zu finden sind:

Herpobdella octoculata L. 1758 (var. atomaria u. pallida), *Herpobdella testacea* Sav. 1820, *Haemopis sanguisuga* L. 1758, *Glossosiphonia complanata* L. 1758, *Glossosiphonia heteroclita* L. 1761 und *Helobdella stagnalis* L. 1758. Die drei erstgenannten Arten stellen infolge verschiedener gemeinsamer Merkmale eine Einheit (Arhynchobdellidae) innerhalb der Klasse der Hirudineen dar: von jenen seien nur erwähnt: das fünf Ringel umfassende Mittelkörpersomit, stärkste Reduktion des Coeloms, das Fehlen echter Blutgefässe mit eigenen Wandungen, starke Entwicklung der Coelomwandung als Körperparenchym. Die Gattungen Herpobdella und Haemopis setzen sich dadurch in Gegensatz zu der andern Ordnung der Hirudineen, zu den Rhynchobdelliden, denen die oben letztgenannten drei Arten angehören, und welche durch das Vorhandensein eines vorstreckbaren Rüssels genügend charakterisiert sind. Durch die weniger weit vorgeschrittene Reduktion des Coeloms, durch die Existenz von mediangelegenen echten Blutgefässen mit eigenen Wandungen werden überdies diese Vertreter in näheren verwandtschaftlichen Anschluss an

die übrigen Anneliden gebracht, obschon bei ihnen der infolge parasitärer Lebensweise plattgedrückte Körper sie äusserlich als spezialisiertere Formen erscheinen lässt, als die Repräsentanten der Arhynchobdelliden (Haemopis, Herpobdella) mit ihrer fast drehrunden Querschnittsform. Diese letztere kann aber auf Grund der obengenannten innern Organisationsmerkmale unmöglich den Wert einer ursprünglichen besitzen; vielmehr sind die Arhynchobdelliden (Gnathobdelliden) als äusserst spezialisierte Formen noch weiter als die Rhynchobdelliden von den übrigen Anneliden zu entfernen, indem sie von der primär streng parasitären Lebensweise der Hirudineen zu einer freien, räuberischen Tätigkeit zurückgekehrt sind.

Anordnung der Versuche, Operationsweise.

Die Amputationsschnitte, welche zum Zweck des Studiums der daran sich anschliessenden Reparationsvorgänge an Exemplaren der oben erwähnten sechs Arten vorgenommen wurden, verliefen vornehmlich senkrecht und schräg zur Körperlängsachse. Dadurch entstanden ringförmige Wundflächen, welche von den Körper- und Darmepithelwundrändern, als von zwei konzentrischen Kreisen, begrenzt waren. Daneben wurden durch Schnitte, parallel zum seitlichen Körperrand, Partien aus dem Hautmuskelschlauch entfernt, welche sich über ca. 15—25 Ringel erstreckten, wobei die innern Organe meistens intakt gelassen wurden.

Während die Beschaffung des lebenden Materials nach Entdeckung einer ausgiebigen Sammelstelle für jede Art nicht mit besonderer Schwierigkeit verbunden war, gestaltete sich die Erhaltung der lebenden intakten und noch mehr der operierten Tiere anfänglich äusserst schwierig, indem besonders in den heissen Sommermonaten, trotz Kühl- und Durchlüftungsvorrichtungen, scheinbar ohne äussere Ursachen ein Massensterben auftrat. Eine einfache Anordnungsweise erwies sich in der Folge für Herpobdelliden und Rhynchobdelliden als die geeignetste: In einem Trinkglas mit ca. $^1/_2$ cm hoher Sandschicht am Boden wurden bei ca. 2—3 cm hoher Wassersäule die verletzten Tiere von einem grössern, in das Glas eingestülpten Blatt weissen Filtrierpapiers darniedergehalten. Die durchnässten Ränder des letztern schmiegten sich den Wänden des Trinkglases derart an, dass den Tieren ein Entfliehen nicht möglich war. Ein Glasdeckel verminderte die Verdunstung und das Eindringen von Staub, sodass die Tiere zwei bis drei Wochen ohne Wasserwechsel in gesundem Zustande durchleben konnten. Haemopisexemplare mussten in entsprechend grösseren Gefässen ohne Filtrierpapier ein-

zeln gehalten werden. Während anfänglich eine Isolierung jedes operierten Exemplars vorgenommen wurde, ergab es sich beim Anwachsen des lebenden Materials als vorteilhafter, zum Zweck einer bessern Übersicht und einer raschern Protokollierung die Tiere in kleinern Gruppen von 5—10 Stück beisammenzuhalten. Durch Vereinigung von Tieren, welche nicht die gleiche Operation erfahren hatten, war auch bei dieser Gruppenanordnung doch noch eine individuelle Durchsicht möglich.

Die Amputationen wurden mittels eines scharfen Skalpells ausgeführt. Die Anwendung eines Ligaturverfahrens zum Zwecke der Verminderung des Blutergusses (Abschnüren einer Körperpartie durch einen steril gemachten Seidenfaden) erwies sich für die Bestimmung von Ringelzahlen zu ungenau. Eine Narkotisierung der Tiere hatte neben der den Schnitt erschwerenden Schleimabsonderung, speziell bei kleinen Formen eine verhängnisvolle Schwächung der Widerstandskraft gegenüber dem Operationseingriff zur Folge. Eine leichte Antrocknung der Körperoberfläche erwies sich für die Schnittführung am geeignetsten.

Makroskopische Reparationsvorgänge.

Infolge des beschränkten Raumes muss hier davon abgesehen werden, die in der Arbeit nach Spezies, Operationsweise, Alter und Reparationszeit gesonderte Einteilung der Versuchsreihen wiederzugeben. Da sich bei den sechs verwendeten Spezies keine prinzipiellen Verschiedenheiten in den Reparationsprozessen, welche sich an den Amputationsschnitt anschlossen, zeigten, kann hier der Versuch gemacht werden, einen als Typus sich ergebenden Heilungsverlauf in die Besprechung der makroskopischen Vorgänge aufzunehmen.

Obschon die Herpobdelliden und Rhynchobdelliden z. T. unter dem Geschiebematerial von Flüssen sich finden, die während gewisser Jahreszeiten stark Hochwasser führen, gelang es nicht, Exemplare zu finden (es wurden deren mehr als 1200 auf etwelche Anomalien untersucht), denen entweder der Saugnapf oder mehrere Ringel zugleich gefehlt hätten. Bei neun Tieren der Gattung Herpobdella waren Spuren von früheren Körperepithelverletzungen wahrzunehmen, eine Erscheinung, die sicherlich auf eine geringe Verletzbarkeit dieser Tiere im allgemeinen hinweist und nicht zuletzt in der zähen Beschaffenheit des Körpers, insbesondere des Parenchyms, begründet ist. Sie könnte eventuell in Verbindung gebracht werden, mit der später noch zu erwähnenden Unfähigkeit, amputierte Ringel durch Regeneration wieder zu ersetzen.

Ein Transversalamputationsschnitt in der hintern Körperhälfte hatte in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle eine Hervorstülpung des Darmrohres über das Niveau der nach hinten schauenden Wundfläche zur Folge. Diese Bewegung folgte oft so unmittelbar auf den Operationsschnitt, dass der Eindruck erweckt wurde, jener hätte als auslösender Reiz für das Darmrohr, wie für eine gespannte Feder, einen bisher wirksamen Widerstand beseitigt.

Die spätere mikroskopische Durchsicht ergab, dass es sich um Kontraktion der hier im Darm nach innen gelagerten Ringmuskeln handelte, wodurch eine Verlängerung des vegetativen Rohres in der Nähe der Wundfläche bewirkt wurde. Dazu kam noch eine Verkürzung der nach aussen gelegenen Darmlängsmuskelfasern, wodurch die Schnittränder des Darmes in zentrifugaler Richtung nach aussen umgeschlagen wurden. Diese Hervorstülpung des Darmes ist bei Haemopis unabhängig von der Lage des Operationsschnittes innerhalb der hintern Körperhälfte eine allgemeine Erscheinung, während bei Herpobdella die Beweglichkeit des Darmrohres gegenüber dem umliegenden Parenchym in dem Masse abnimmt, als der Operationsschnitt dem hintern Körperende genähert ist.

Keine Vorstülpung des Darmes erfolgte bei den drei Vertretern der Rhynchobdelliden. So stark anfänglich auch der fast starre Hautmuskelschlauch dieser Tiere die Wundfläche einzuengen vermag, sodass diese nur noch eine schmale Querspalte darstellt, so findet doch nur äusserst selten ein vollkommenes Aufeinandertreffen der Wundränder statt. Beiderseits der nicht vorgestülpten Darmröhre zeigen sich Teile der Darmaussackungen, eventuell des Nieren-Geschlechtsapparates, je nach der Lage des Operationsschnittes. Diese verengerte Wundfläche zeigte bei den operierten Rhynchobdelliden nach mehr als drei Monaten noch dasselbe Aussehen wie in den ersten Tagen nach der Amputation. Die hintere Wundöffnung des Darmkanales wird in keiner Weise von einem Epidermisreparat überdeckt. Bei Stadien von 40 Tagen wurde durch die Abgabe von Exkrementen das Vorhandensein eines funktionierenden Afters bewiesen. Die Reparation beschränkt sich auf die Überdeckung der beiderseits vom Darm gelegenen Wundflächen durch den sich einbiegenden Hautmuskelschlauch und in der Schaffung einer Anusöffnung aus dem hintern Schnittende des Darmkanales; eine Regeneration von amputierten Ringeln tritt nicht ein. Diese Resultate werden zwar nur indirekt beleuchtet durch die Körperbeschaffenheit dieser Tiere; während die Gnathobdelliden (Haemopis, Herpobdella) durch ihre Rückkehr zur räuberischen Lebensweise die Fähigkeit der schnellen Fortbewegung

wieder erworben haben, indem sie in dorsoventraler Richtung schlängelnd davonschwimmen können, kommt diese Möglichkeit den Rhynchobdelliden nicht zu. Vielmehr ist es bei ihnen die Konsistenz des Körpers selbst, welche die mit der temporär parasitären Lebensweise verbundene Unfähigkeit, durch schnelle Bewegungen zu entfliehen, kompensiert. Dadurch, dass diese Tiere ihren ohnehin fast lederharten Körper flach an die Unterseite der Steine anzupressen vermögen, bieten sie nicht nur kleinern Räubern, speziell aus dem Stamm der Arthropoden, sondern sogar der Hand des Menschen nur schwer einen Angriffspunkt, um von der Unterlage losgebracht oder sonstwie verletzt zu werden. Hier muss die Körperkonsistenz sicherlich mitverantwortlich gemacht werden für die geringe Ausbildung des Reparationsvermögens trotz des nähern verwandtschaftlichen Anschlusses der Rhynchobdelliden an den Annelidenstamm gegenüber den Gnathobdelliden.

In nicht so starrer und unvollständiger Weise vollzieht sich der Heilungsvorgang bei den Vertretern der Arhynchobdelliden. Obschon auch hier in keinem Fall eine Regeneration von excidierten Stücken des Saugnapfes oder eine solche von ganzen Ringeln stattfand, stellt doch der Hautmuskelschlauch zusammen mit der Darmausstülpung ein plastischeres Gebilde dar, als es bei den Rhynchobdelliden der Fall ist.

Bei Haemopis, wo die anfängliche Darmvorstülpung in der grössten Zahl der Fälle persistiert und sich zu einem funktionierenden Afterkegel mit proximalwärtsfortschreitender Pigmentierung entwickelt, besteht der Reparationsvorgang hauptsächlich in einer Überdachung der lateral vom Darmrohr sich hervordrängenden, mesenchymatösen Gerinselfüllmassen durch den Hautmuskelschlauch, indem dessen zirkuläre Muskelfasern durch Kontraktion die Wundränder des Körperepithels denjenigen des nach aussen umgeschlagenen Darmafterkegels nähern. Da bei Haemopis die genannte Einwärtsbiegung infolge dieser grossen, seitlich hervorragenden Pfropfmassen oft nicht eine vollständige Überdachung der Wundfläche durch den Hautmuskelschlauch zu bewirken vermag, kann es in diesen Fällen nicht zu einer direkten Berührung der Darm- und Körperepithelränder kommen; es setzt sodann ein Regenerationsprozess ein, der dazu führt, dass eine neugebildete Oberhaut über dem lymphatischen Wundgerinsel einen vollständigen Abschluss der Wundfläche gegen aussen herstellt und damit gleichzeitig eine solide Verbindung zwischen Körper- und Darmepithel.

Bei Herpobdella überwiegen die beiden andern Reparationsmodi

infolge der schwächern Ausbildung der parenchymatischen Wundfüllmassen. Bei mehr distal gelegtem Amputationsschnitt findet eine Verwachsung der nach aussen geschlagenen Darmränder mit den konzentrisch sich verengernden Körperepithelrändern statt, während in denjenigen Fällen, da der Amputationsschnitt mehr gegen die Körpermitte gerückt ist, eine Retraktion des anfänglich vorgestülpten Darmrohres stattfindet, die von einer im gleichen Sinne gerichteten Einwärtsbiegung der Hautmuskelränder gefolgt ist. Äusserlich verschwindet auf diese Weise das Darmrohr von der Oberfläche und die persistierende Öffnung, welche ein Afterreparat darstellt, wird vollständig von Körperepithel eingefasst. Dadurch ist das Tier ohne Ersatz des für die Lokomotion und Anheftung so wichtigen, hintern Saugnapfes imstande, seine vegetativen Lebensfunktionen weiter auszuüben.

Bei schräg zur Längsachse des Tieres verlaufender Schnittführung, wobei die Wundfläche über mehrere Ringel sich erstreckt, findet eine Einwärtsbiegung derjenigen Körperseite gegen die Medianebene statt, welche nach dem Amputationsschnitt die längere Seite darstellt. Durch Kontraktion der zirkulären Fasern der angeschnittenen Ringel wird die schräge Wundfläche in eine zur Längsachse des Tieres fast parallele Lage gedreht. In diesem Falle kommt es nicht zu einer Zurückziehung des Darmrohres, der Hautmuskelschlauch vermag höchstens die rechts und links von der Darmvorstülpung erscheinenden Wundflächen allmählich zu überdecken, nicht aber jene selbst.

Bei Amputationsschnitten am Vorderende findet ein Vordrängen des hier stark muskulösen Darmrohres resp. Pharynx' nach der Operation fast gar nicht statt. Entsprechend der schwachen Ausbildung der parenchymatischen Füllmasse schliesst hier der Hautmuskelschlauch eng an das muskulöse Darmrohr an, zumal in den ersten sieben Somiten weder Organe des Geschlechts-, noch solche des Nephridialapparates liegen.

An vordern Wundflächen bei Rhynchobdelliden zieht sich der Darm in geringem Masse von der Oberfläche zurück, sodass Gewebsgerinsel in der entstehenden Grube sich ansammeln und die vordere Darmöffnung temporär verdecken können. Da keine Nahrungsaufnahme erfolgte, jedoch stets die Abgabe von Exkrementen durch den intakten After beobachtet werden konnte, so musste angenommen werden, dass eine Resorption vonGewebsteilen stattfand. Dies wurde durch die spätere, mikroskopische Untersuchung tatsächlich bewiesen.

Infolge der innigen Vereinigung des Körperepithels mit der da-

runterliegenden Ring-, Diagonal- und Längsmuskulatur war eine operative Lostrennung von Epithelstücken allein kaum möglich, sie war fast immer verbunden mit einer gleichzeitigen Verletzung des Hautmuskelschlauches. Es wurden auf diese Weise sogenannte Fenster in der Körperwandung angebracht, die sich gewöhnlich über mehr als 15 Ringel erstreckten. Dadurch kam das darunter liegende Parenchym frei nach aussen zu liegen. Sobald Teile des Nephridialgeschlechtsapparates event. der Darmausbuchtungen durch einen zu tief gehenden Schnitt auf die Länge von mehreren Ringeln freigelegt wurden, trat stets ein Infektionsprozess ein, durch den die Tiere unter starken Deformationen zugrunde gingen. Gelang es jedoch, nur Teile des Hautmuskelschlauches zu entfernen, so bedeckte schon nach wenigen Tagen bei Herpobdella ein Epidermisreparat die Wundfläche. Mikroskopisch konnte dies nur bei dieser Gattung festgestellt werden, während bei Haemopis und den Vertretern der Rhynchobdelliden eine sichere Epidermisregeneration nach lateralen Verletzungen (vielleicht zufällig) nicht beobachtet werden konnte. Angesichts der grossen Infektionsgefahr und der Unfähigkeit des Hautmuskelschlauches bei lateralen, über mehrere Ringel sich erstreckenden Defekten durch Kontraktionswirkung einen Wundverschluss zu bilden, erscheint die hohe Reparationsfähigkeit der Epidermis speziell bei Herpobdella als eine sehr geeignete Einrichtung, um die bei dieser Gattung nicht selten in der freien Natur vorkommenden Oberhautverletzungen unschädlich zu machen.

Da es als eine allgemeine Erfahrungstatsache gilt, dass jugendliches Gewebe auch grössere reparative Potenzen in sich birgt, wurde angesichts der äusserst schwach entwickelten Regenerationsfähigkeit bei erwachsenen Tieren der Versuch unternommen, auch embryonale Stadien in den Kreis der Untersuchungen einzubeziehen. Es gelang jedoch bloss, Embryonen von Herpobdella während längerer Zeit nach Transversal- und Lateralschnitten am Leben zu erhalten. Als besonders günstiger Umstand erwies sich dabei der relativ lange Aufenthalt der schon ziemlich grossen Embryonen (bis 7 mm) in der kleinern Chitinkapsel. Die Tiere herauszupräparieren, zu operieren und wiederum in ihre ursprüngliche Eiweissumgebung zu bringen, war lediglich eine Sache der Übung, während die Embryonen selbst den ganzen Störungsvorgang ohne grössern Nachteil ertrugen. Diese jungen Stadien schliessen hauptsächlich zwei Vorteile für Regenerationsversuche in sich ein: Einerseits ist der eingeschluckte Dotter im Darm in so reichlicher Menge vorhanden, dass die später durch die Operation hervorgerufene Unfähigkeit, Nahrung aufzunehmen,

allem Anschein nach vom Tier leicht ertragen wird; anderseits bietet der Körper infolge seiner noch sehr starken Transparenz für mikroskopische Untersuchungen am lebenden Tier klare Übersichtsbilder. Auf diese Weise konnten nicht nur ausserhalb vom Körper vor sich gehende Veränderungen genau verfolgt werden, sondern es trat speziell das Verhalten des Darmrohres in einiger Entfernung von der Wundfläche deutlicher als am erwachsenen Körper zu Tage.

Im ganzen konnten 95 Embryonen operiert werden und zwar wurden vorgenommen: 17 Amputationen, welche nur den Saugnapf betrafen, 8 laterale Einschnitte und 70 Transversalamputationen, durch die 43 hintere und 46 vordere Wundflächen der Beobachtung zugänglich gemacht wurden. Während laterale Verletzungen nach vier Tagen durch einen Regenerationsprozess der Epidermis wieder geheilt waren und auch die darunterliegenden Muskelschichten im Verlauf der folgenden Tage repariert erschienen, erfuhren dagegen Saugnapfdefekte und amputierte Ringel selbst nach grösseren Zeiträumen (bis 51 Tage) keine Neubildung. Die Darmausstülpungen an vordern Körperhälften verschwanden im Verlauf von sechs Tagen wieder vollständig, während sieben hintere Darmausstülpungen (an Vorderstücken) persistierten, sich jedoch nicht in Regenerationsknospen umwandelten, wie sie solche vorzutäuschen imstande gewesen wären, wenn man nicht ihre frühere Entstehungsweise aus dem Darm gleich nach der Operation gekannt hätte.

Nicht so günstig gestalteten sich die Operationsversuche an jungen Glossosiphoniden, welche sich an der Ventralseite des Muttertieres festgesaugt hatten. In keinem Falle blieben dieselben länger als fünf Tage nach der Operation am Leben. Bezeichnend ist jedoch, dass bei diesen jungen Stadien gleich nach der Operation noch eine Vorstülpung des Darmes, verbunden mit einer gleichzeitigen Einwärtskrümmung des Hautmuskelschlauches stattfindet, eine Reaktion, die bei den erwachsenen Glossosiphoniden nicht mehr zu finden ist, die aber ebenfalls bei den nicht mit einem so stark chitinisierten Hautpanzer umgebenen Arhynchobdelliden auch im ausgewachsenen Zustand als Regel vorzukommen pflegt. Diese letztgenannten negativen Regenerationsresultate sind imstande, die früheren Ergebnisse bei erwachsenen Tieren in aufklärender Weise zu beleuchten. Der Körper der Hirudineen stellt gegenüber demjenigen der Chaetopoden schon eine stark spezialisierte Form dar, die unter anderem infolge der zähen Beschaffenheit des Parenchyms sowohl die Verletzbarkeit und damit indirekt die selektive Ausbildung des Regenerationsvermögens

als auch die Proliferationsfähigkeit der Gewebe auf histomechanischem Wege herabmindert.

Bei der Untersuchung der Lage und Zahl der Augen von eingefangenen Tieren erwies es sich, dass speziell die Zahl der Augenpigmentflecken keine konstante Grösse darstellt, indem verschiedentlich an Stelle der normalen Anzahl 8 nur 6 äusserlich sichtbare Augen auftraten. Ebenso zeigten sich, wenn auch nie 9 konforme Pigmentflecken wahrgenommen wurden, in der Nähe der 8 normalen öfters noch diffuse, kleine Pigmentanhäufungen.

Es ergab sich die Frage, ob diese sogenannten Anomalien bei einem und demselben Individuum feststehend sind, oder ob sie während der Lebenszeit des betreffenden Exemplars aus normalen Verhältnissen sich entwickelt haben. Da in den Angaben der Autoren kein diesbezüglicher Aufschluss gefunden wurde, lag der Versuch nahe, diese vorerst rein numerischen Verhältnisse in Beziehung zu setzen mit Reparationsvorgängen. Es wurden an 80 ausgewachsenen Herpobdellidenindividuen in 8 Gruppen mit normaler Augenzahl Amputationen vorgenommen, so, dass die ersten 10 Exemplare je 1, die zweiten 10 je 2 Augenflecken usw. verloren. Von den 80 operierten Tieren zeigten deren 35 in der Folgezeit eine Veränderung der Pigmentverhältnisse der übrig gebliebenen Augenflecken. Stets handelte es sich um ein Undeutlichwerden der Umrisse der Pigmentaugen, so, dass die letztern in längliche Flecken sich ausdehnten. Ein Auftreten von neuen Pigmentanhäufungen wurde nur bei 2 Tieren beobachtet. Parallelversuche ohne Amputationen zeigten keine dieser Veränderungen.

Diese Beobachtungen nehmen vorerst nur auf die äusserlich sichtbaren Pigmentflecken Rücksicht, die selbst, wie Hesse[1]) pag. 276 bemerkt, als Blendvorrichtung erst sekundär zu den für den Charakter eines Auges notwendigen Sehzellen hinzukommen. Veränderungen in den Augenpigmentverhältnissen geben ohne histologische Prüfung noch keinen Grund ab, ähnliche Gruppierungen der Sehzellen anzunehmen, vielmehr zeigen die Resultate, die auf makroskopischem Wege aus dieser Versuchsreihe sich ergeben, nur, dass die Pigmentansammlungen, die sich mit den Sehzellen zusammen zu den äusserlich wahrnehmbaren 8 Augenflecken vereinigen, in einem labilen Zustand sich befinden, sodass gewaltsame Eingriffe in ihrer Nähe, wie sie Amputationen darstellen, eine Wanderung event. einen Schwund und eine Neugruppierung zur Folge haben können. Es mag diese

[1]) R. Hesse, Untersuchungen über die Organe der Lichtempfindung bei niederen Tieren. III. Die Sehorgane der Hirudineen. 1897. Zeitschr. f. wissenschaftl. Zool. Bd. 62.

Erscheinung in Zusammenhang stehen, einerseits mit der phylogenetischen Entstehung des Hirudineenauges, bei der, wie Hesse erwähnt, „ursprünglich verstreute Sehzellen einander näher rückten und in anfangs losere Beziehung traten zu Pigmentanhäufungen, die ihnen als Blendung dienten", anderseits mit der Natur der Pigmentkörner selbst, die (vergl. Graf[1]) als Exkretionsstoffe von Bothryoidalzellen unter dor Epidermis deponiert werden. Dadurch wird der lose Zusammenhang des Pigments mit den Sehzellen als eines nicht primär für das Sehen notwendigen Bestandteiles verständlich, wie auch das äusserst variable Auftreten des Pigments an verschiedenen Körperstellen bei Individuen derselben Art.

Die eingangs erwähnten Anomalien bei eingefangenen Tieren sind in dieser Hinsicht nicht mehr alleinstehend; sie stellen sicher das Produkt von Veränderungen am Körper dar, welche während des individuellen Lebens erst vor sich gegangen sind. Ob jedoch stets Defekte als reizauslösende Faktoren auftreten oder ob auch ernährungsphysiologische Veränderungen den Schwund eines normalen Augenflecks bewirken können, kann nicht endgültig entschieden, aber durch die Tatsache beleuchtet werden, dass selbst Tiere, welche operative Einschnitte erfuhren und über drei Monate hungerten, nicht die geringste Veränderung des Augenpigments aufwiesen. Dies lässt zum mindesten erkennen, dass bei Hirudineen Hungerzustände lange nicht die reizauslösende Wirkung besitzen wie operative Eingriffe in der Nähe der Augen selbst.

Neuere Arbeiten über Planarien (Stoppenbrink, E. Schultz, Berninger, P. Lang etc.) lassen es ausser allem Zweifel erscheinen, dass bei diesen Tieren ein enger Zusammenhang besteht zwischen dem allgemeinen Ernährungszustand des ganzen Körpers und dem speziellen Augenpigmentbestand, indem infolge von Hungerzuständen eine dem Regenerationsprozess entgegengesetzte, degenerative Involution einsetzt, bei der die verschiedenen Gewebe verschieden rasch, jedoch in bestimmter Reihenfolge der Auflösung anheimfallen. Dabei wird das Augenpigment als nicht absolut notwendige Substanz ziemlich früh degenerativ beeinflusst, was bei Hirudineen keineswegs der Fall ist. Der Hirudineenkörper zeigt in seiner stark vorgeschrittenen Spezialisierung der Organe gegenüber den Turbellarien eine viel ausgeprägtere Konsistenz der Form, welche nicht nur im Fehlen von äusserlich wahrnehmbaren Involutionserscheinungen zum Ausdruck

[1]) A. Graf, Über den Ursprung des Pigments und der Zeichnung bei den Hirudineen. 1895. Zool. Anz. Bd. 18.

kommt, sondern noch viel mehr in dem fast vollständigen Mangel des Regenerationsvermögens.

Ergebnisse der mikroskopischen Untersuchung an Reparationsstadien von Haemopis und Herpobdella.

Die nach Transversalamputationen fast typisch auftretenden Darmausstülpungen kommen im mikroskopischen Bild am deutlichsten zum Ausdruck bei Stadien, welche zeitlich der Operation noch nahe liegen. Es besteht in diesem Fall noch die stärkste histologische Verschiedenheit zwischen Körper- und Darmepithel; es zeigen sich noch Unterschiede, die im Laufe der Wundheilung infolge gleicher Funktion gegenüber gleichen Umweltsbedingungen allmählich schwinden.

Die schlanken Darmepithelzellen der Ausstülpung, welche anfänglich noch deutlich sich unterscheiden von den mehr kubischen, mit einer starken Cuticula versehenen Körperepithelzellen, erfahren infolge der jetzt stärkern, mechanischen Beanspruchung von aussen und der grössern Oberfläche, welche jetzt dieser Teil des Darmepithels durch seine Ausstülpung nach aussen einnimmt, eine Verbreiterung und gleichzeitig eine Verringerung ihrer frühern Längenausdehnung senkrecht zur Oberfläche.

Bei stärkerer mikroskopischer Vergrösserung ist am distalen Ende dieser epidermal gewordenen Zellen der Darmaustülpung eine Verdickung des Cuticulasaumes wahrzunehmen, wie sie sonst nur echten Körperepithelzellen zukommt.

Durch den Amputationsschnitt wird eine Menge von Muskelzellen des Hautmuskelschlauches verletzt. Es findet nun an deren Schnittfläche ein Quellungsvorgang statt, der dazu führt, dass ein plasmatisches Feld, gleich einen Syncytium entweder vor dem blindgeschlossenen Darmkanal (bei retrahiertem Darm) oder unter den Verschlussstellen von Hautmuskelschlauch- und Darmrändern oder zwischen denselben (bei herausgestülptem Darm) für die durch den Schnitt freigewordenen Muskelkerne eine homogene Grundsubstanz bildet, die elektiv gefärbt, scharf sich abhebt von dem umliegenden Bindegewebe.

Kurze Zeit nach dem Operationsschnitt schieben sich kleine Zellen in grosser Menge in diese homogene Grundsubstanz hinein. Es lassen sich kontinuierliche Übergänge beobachten zwischen den rundlichen, oft noch verzweigten Bindegewebszellen und diesen langgestreckten, nur noch mit einem dünnen Plasmarest umgebenen Wanderzellen, welche sich zwischen den Muskelzellen hervorzwängen und ihrer Herkunft nach somit aus dem Bindegewebe stammen. Sie

bilden mit den Überresten der angeschnittenen Muskelzellen und deren Kernen eine dichte, jeglicher Struktur entbehrende Agglomeration von Zellen, isolierten Kernen und losgelösten Fasern, welche nicht Unähnlichkeit besitzt mit dem bei Oligochäten so häufig beobachteten, aber mit verschiedenen Namen belegten Regenerationsnarbengewebe. Speziell in der Funktion stimmen diese beiden „histologischen" Gebilde bis zu einem gewissen Grade wenigstens miteinander überein, indem diese „Kern-Fasermasse" auch hier die Rolle einer Wundfüllmasse übernimmt zu einem Zeitpunkt, da die nur langsam erfolgende Epidermisregeneration noch keine kontinuierliche Decke über die Wundfläche hergestellt hat. Zwei Typen von Zellen hauptsächlich treten innerhalb dieser „Kern-Fasermasse" neben der grossen Menge von Faserstücken hervor; sie unterscheiden sich nicht in der Grösse, sondern in der Beschaffenheit ihrer Kerne voneinander. Die einen, weit zahlreicheren, besitzen einen schwach tingierten Kern mit kleinem Kernkörperchen. Der Plasmaleib ist entweder an beiden oder wenigstens an einem Ende in eine Spitze ausgezogen. Die andern, dem Vorkommen nach mehr vereinzelt, zeigen einen grossen Nukleolus, innerhalb eines, durch seinen Chromatingehalt färberisch stark hervortretenden Kernes, während der Plasmamantel fast garnicht oder höchstens als kurzer Fortsatz sichtbar ist.

Epithelreparationsprozesse.

Als eigentlichen und zugleich alleinigen Regenerationsvorgang, der histologisch an den Versuchstieren nachgewiesen werden konnte, ist die Neubildung einer Epidermisdecke zu bezeichnen. Dass eine solche als erstes und wichtigstes Reparationsprodukt für die Fernhaltung von infektiösen Keimen und damit für die Erhaltung des Individuums auftritt, zeigt, dass den Hirudineen doch etwelche Fähigkeit zukommt, erlittene Schäden, wenn nicht durch vollständigen Ersatz, so wenigstens durch Reparationsvorgänge ungefährlich zu machen. Eine direkte genetische Beziehung zwischen den Zellen der neugebildeten Epidermis und denjenigen der Kernfasermasse muss nach morphologischer Vergleichung als höchst unwahrscheinlich bezeichnet werden, hingegen dient das Narbengewebe den alten Epidermiszellen, welche sich auf die Wanderschaft begeben haben, als Gleitfläche, deren Fehlen ein nicht unmerkliches Hindernis für den glatten Vollzug einer Epidermisregeneration darstellt. Eine sichere Einwanderung von Zellen aus der Kernfasermasse wird ebenfalls vermisst, sodass die Heimat der die neue Epidermis zusammensetzenden Zellen aller Wahrscheinlichkeit nach ins alte Epithel verlegt werden

muss, von wo sie durch eigene Bewegung an den richtigen Ort hingelangen. Zwei Punkte sprechen hauptsächlich für diese Annahme: Erstens weist die Form der noch amoeboidverzweigten, die neue Oberhaut zusammensetzenden Zellen, welche erst seit kurzer Zeit an ihrem Bestimmungsort liegen, des bestimmtesten auf eine vorangegangene Wanderung hin, sie tragen noch nicht den ihrer Funktion entsprechenden Oberhautzellencharakter. Zweitens lösen sich am Wundrand des Körper- und noch mehr des Darmepithels alte Zellen aus ihrem Verbande los und bewegen sich, ohne in die Tiefe zu sinken, an der Oberfläche der Kernfasermasse vorwärts unter Drehung der früher senkrecht zur Oberfläche gestellten Zellenlängsachse. Dabei wird der Cytoplasmagehalt so stark reduziert, dass sehr oft nur noch Zellkerne zu wandern scheinen. Sind dieselben an ihrem definitiven Orte angekommen und daselbst stationär geworden, so nimmt der Cytoplasmagehalt der einzelnen Zelle sehr bald zu, wobei die amoeboid ausgestreckten Plasmafortsätze angezogen werden und die Zellen selbst enger aneinander schliessen. Dies hat zur Folge, dass auf diesen Stadien eine optisch wahrnehmbare Scheidung zwischen den einzelnen Zellkörpern vermisst wird, zumal eine die Zellgrenzen markierende Zwischenzellen- (Kitt-) substanz noch fehlt. Die neue Epidermis stellt jetzt eine syncytiale Vereinigung dar, in die Zellkerne eingestreut sind. Als weiterer Schritt im Regenerationsprozess erfolgt die Ausscheidung eines Cuticulasaumes, der bei den zu Wanderzellen gewordenen alten Oberhautzellen noch fehlt.

Bemerkenswert ist die Tatsache, dass neben dem alten Körperepithel auch das Darmepithel am Wiederaufbau einer neuen Epidermisdecke sich beteiligt, und zwar zeichnen sich die Zellen der letztern durch eine bedeutend grössere Beweglichkeit aus; es fällt ihnen infolgedessen der grössere Anteil bei der Vertretung innerhalb der regenerierten Oberhautzellen zu. Damit wird zusammen mit der früher erwähnten Erscheinung der epidermal werdenden Zellen der Darmausstülpung eine scharfe Grenze zwischen Körper- und Darmepithelzellen gegenüber gleichen äussern Faktoren verwischt, wenn nicht ganz unhaltbar gemacht.

Notizen zur schweizerischen Kulturgeschichte.

Von

FERDINAND RUDIO und CARL SCHRÖTER.

47. Die Eulerausgabe (Fortsetzung[1]).

Zu dem letztjährigen Referate ist leider nur weniges hinzuzufügen. Im Anfange des Jahres 1918 konnte in der Druckerei noch langsam weiter gearbeitet werden, sodass die beiden Bände I_6, Algebraische Abhandlungen, herausgegeben von F. RUDIO und P. STÄCKEL, und II_{14}, Ballistische Arbeiten, herausgegeben von F. R. SCHERRER, wenigstens etwas gefördert werden konnten. Seit Ende April ruht aber die Arbeit in der Druckerei vollständig. Doch war die Redaktion deswegen noch nicht zu Untätigkeit verurteilt. So wurde z. B. die unfreiwillige Pause dazu benutzt, um die Druckvorlage zu EULERS klassischem Werke Introductio in analysin infinitorum, herausgegeben von A. KRAZER und F. RUDIO, fertigzustellen. — Hoffen wir nun, dass mit dem Friedensschlusse wieder ein günstiger Stern über unserem grossen internationalen Unternehmen leuchten möge.

48. Nekrologe.

Konrad Rahn (1828—1918, Mitglied der Gesellschaft seit 1854)

In der Nacht vom 12. zum 13. Januar 1918 starb in der Winkelwiese in Zürich Dr. med. Konrad Rahn.[2]) Während sein Vater, der in Zürich seinerzeit sehr bekannte Arzt Dr. Rahn-Escher, im Straussenhandel lebhaft hervorgetreten war und so zu Zeiten am öffentlichen und politischen Leben seiner Vaterstadt starken Anteil genommen hatte, zog es den Sohn mehr zur schlichten Arbeit in seinem Beruf und zur Mitwirkung an stilleren Werken der Gemeinnützigkeit. Wie lang deshalb sein Leben auch gewesen ist — er starb nur 3 Tage vor vollendetem 90. Lebensjahr —, so ist doch Dr. K. Rahn wenig öffentlich hervorgetreten. Auch sonst verlief

[1]) Siehe die Notizen 45 (1917), 43 (1916), 41 (1915), 38 (1914), 36 (1913), 34 (1912), 32 (1911), 29 (1910), 26 (1909), 24 (1908), 22 (1907).

[2]) Mit gütiger Erlaubnis der Redaktion abgedruckt aus der «Zürcher Wochenchronik» vom 26. Januar 1918.

sein Leben nach aussen still. Und in den letzten Jahren drängte ihn die zunehmende Schwäche erst recht in die Stille. Er hat aber trotzdem viel Gutes gewirkt und viele sind ihm dauernd dankbar geblieben für das, was sie durch ihn empfangen haben. Dr. Rahn wurde in Zürich geboren am 15. Januar 1828 und genoss im Hause seiner Eltern, des schon genannten Dr. Hans Konrad Rahn und seiner Gattin, der Frau Anna, geb. Escher vom Glas, eine sorgfältige Erziehung. «Ich war,» so schreibt er selbst in hinterlassenen Lebenserinnerungen, «gesund aber zart, sehr empfindlich, schüchtern und leicht erregbar.» Als Knabe durchlief er zuerst die hiesigen Stadtschulen und dann das Gymnasium und wandte sich nach wohlbestandener Maturität dem Studium der Medizin an hiesiger Hochschule zu, was um so näher lag, als eben schon Vater und Grossvater sehr geachtete Aerzte gewesen waren. Im Herbst 1850 legte er sein Staatsexamen ab und promovierte gleich nachher, so dass er mit 22½ Jahren schon wohlbestallter Doktor der Medizin war. [Seine Inauguraldissertation, die aus dem physiologischen Laboratorium von Karl Ludwig hervorgegangen war, ist betitelt: Einiges über Speichelsekretion, Zürich 1850. Bald darauf hat dann Rahn in Nr. 63 der «Mitteilungen der Zürcher naturforschenden Gesellschaft» eine weitere physiologische Arbeit veröffentlicht unter dem Titel: Untersuchungen über Wurzeln und Bahnen der Absonderungsnerven der Glandula parotis beim Kaninchen, eine Abhandlung, die M. von Frey gleichzeitig mit zwei Arbeiten von K. Ludwig und E. Becher in die bekannte Ostwaldsche Sammlung «Klassiker der exakten Wissenschaften» (Nr. 18, Leipzig 1890) aufgenommen hat.] An diese Zeit schlossen sich Studienreisen, die ihn während der folgenden drei Jahre nach Wien, Prag, Paris und London und nachher auch noch nach Italien führten. Dann liess er sich in seiner Vaterstadt, im Haus zur «Kleinen Schelle» am Rennweg, als praktischer Arzt nieder mit dem Wunsche, seinem Vater in Ausübung des Berufes ein Gehülfe zu sein. Und er war ihm ein treuer Gehülfe. Am Vater hatte er zugleich das trefflichste Vorbild und zog aus seiner Erfahrung für sich selbst reichen Gewinn. Gross ist seine Praxis indessen nie geworden. Natur und Veranlagung zogen ihn ohnedies mehr zu den Armen. So gründete er im Verein mit Dr. Adolf Nüscheler und seinen Verwandten Heinrich Landolt und Eduard Meyer die noch bestehende Allgemeine Krankenkasse und wurde auch deren erster Arzt. Da hat er aber viel getan und im stillen auch mit offener Hand geholfen, wo immer ihm Not entgegentrat. So wurde er ungesucht an vielen Orten zum Hausfreund. Daneben war Dr. Rahn im Vorstand der Kleinkinderschulen der inneren Stadt, in der Aufsichtsbehörde des Burghölzli und der medizinischen wie der kantonalen Bibliothek, war Mitglied der eidgenössischen Medizinalprüfungen, bis das zunehmende Alter ihn zwang, sich mehr und mehr zurückzuziehen. In den 50er und 60er Jahren war er auch Schwadrons- und Bataillonsarzt und anno 71 Platzarzt für die Internierten. Durch eine Reihe von Jahren war er als Nachfolger seines Vaters Präsident der Zunft zum Widder.

In glücklicher 38jähiger Ehe war er mit Luise geb. Meyer, Tochter des Herrn Meyer-Biedermann, verbunden und genoss hier

reiche geistige Anregung. Das einzige Söhnlein, das den Eltern geschenkt wurde, starb leider zum Schmerz der Eltern schon mit 7 Jahren.

Im Charakter des Entschlafenen trat das Gemüt zurück. Er war mehr Verstandesmensch. Er war eine ruhige und nüchterne Natur und konnte sich schwer zu andern äussern über das, was ihn innerlich bewegte. Seine ganze Art hatte etwas durchaus Schlichtes. Aus sich selbst hat er nie etwas gemacht und für sich selbst auch nichts gewollt. In allem aber hatte er etwas Edles und war immer bereit zu dienen, wo er konnte. In seinem Wesen verkörperte er gute Zürcher Art.

Sein Lebensabend war sehr still. Bis in die letzten Jahre hinein verfolgte er zwar mit Interesse die Fortschritte auf dem Gebiet der Medizin und las auch gerne belletristische Sachen. Wer ihn in seiner Wohnung besuchte, traf ihn fast regelmässig in seiner sonnigen Stube, von deren Wänden die Ahnenbilder grüssten und wo die Bücherregale stunden, versunken in irgendein interessantes Buch. Aber die früher regelmässigen täglichen Ausgänge wurden doch kürzer, bis sie zuletzt ganz aufhören mussten. Dann ist er entschlafen, ein müder Mann, sich freuend auf «den Heimgang».

Mit Konrad Rahn verschwindet ein Name aus dem Mitgliederverzeichnis der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich, der dieses seit 1746, also seit der Gründung, in ununterbrochener Folge geziert hat. Eine so ungewöhnliche Erscheinung bedarf einer besonderen Behandlung, und so glauben wir, uns mit dem soeben zum Abdrucke gebrachten Nachruf aus der «Zürcher Wochenchronik» nicht begnügen zu dürfen.[1])

«Durch Jahrhunderte hinauf glänzt der Namen des Rahnschen Geschlechtes in den Jahrbüchern des Vaterlandes» Mit diesen Worten begann einst der in den «Monatlichen Nachrichten» veröffentlichte Nekrolog auf den 1786 gestorbenen Ratsherrn Johann Heinrich Rahn (1709 bis 1786), der zusammen mit Johannes Gessner unsere Naturforschende Gesellschaft gegründet hat. Der Grossvater dieses Ratsherrn war der berühmte Mathematiker Johann Heinrich Rahn (1622—1676), von dem gleich die Rede sein soll. Wiederum dessen Grossvater Johann Rudolf Rahn (1560—1627) war Bürgermeister von Zürich und war 1622 wegen der Bündner Unruhen zur Zeit des Jürg Jenatsch als Gesandter zu Ludwig XIII. abgeordnet. Von seinen beiden Söhnen Johann Heinrich (1593—1669) und Johann Rudolf (1594—1655) bekleidete jeder, der ältere nach des jüngeren Tode, die Bürgermeisterwürde. Des älteren Sohn war der vorhin genannte Mathematiker. Auch dieser leistete seiner Vaterstadt in verschiedenen höheren Stellungen wertvolle Dienste. Schon mit zwanzig Jahren Mitglied des Grossen Rates war er der Reihe nach Landvogt auf Kyburg, Mitglied des Kleinen Rates, Obervogt von Küsnacht, Oberzeugherr und endlich Seckelmeister. Daneben wurde er wiederholt mit Gesandtschaften an ausländische Regierungen betraut. Dass sein Name auf die Nachwelt gekommen ist, verdankt er aber weniger seiner politischen Tätigkeit als vielmehr seinen wissen-

[1]) Siehe die leider noch unvollendete «Chronik der Familie Rahn» begonnen von C. Keller-Escher.

schaftlichen Arbeiten und unter diesen ist an erster Stelle zu nennen seine «Teutsche Algebra», die 1659 in Zürich erschienen ist. Das treffliche Werk, von dem 1668 Th. Brancker unter Mitwirkung von J. Pell eine englische Uebersetzung besorgte, hat in der Geschichte der mathematischen Wissenschaft eine grosse Rolle gespielt. Es war, um nur eines hervorzuheben, das erste, das eine Faktorentafel enthielt, und zwar eine bis zur Zahl 24 000 aufsteigende. In der englischen Ausgabe dehnte Pell diese Tafel bis zu 100 000 aus und heute besitzen wir sogar Tafeln, die bis 10 000 000 reichen.

Ein Enkel des Mathematikers war also der bereits genannte Ratsherr, ein vielbeschäftigter Arzt und Staatsmann, der die eigentliche Anregung zur Gründung unserer Naturforschenden Gesellschaft gegeben hatte und der während der ersten vier Jahrzehnte zu ihren eifrigsten Mitgliedern und Förderern gehörte. Er war auch literarisch tätig, namentlich auf dem Gebiete der Balneographie, wie die «Abhandlungen der Naturforschenden Gesellschaft» (1761—1766) bekunden.

Sein Sohn Hans Konrad (1737—1787), Arzt und Examinator, als Mitglied unserer Gesellschaft auch Mitarbeiter an den eben genannten «Abhandlungen» — gemeinsam mit seinem Vater und anderen Aerzten schrieb er z. B. über die Wirkung der Fieberrinde — hat sich besonders dadurch ein bleibendes Verdienst erworben, dass er zusammen mit seinen Freunden, dem Chorherren Salomon Schinz (1734—1784) und dem Chorherren und «Pfalzgraphen» Johann Heinrich Rahn (1749—1812) im Jahre 1782 das berühmte Medizinisch-chirurgische Institut gründete. Dieses Institut hat trotz seinem privaten Charakter — erst von 1804 an erhielt es eine bescheidene staatliche Unterstützung — ausserordentlich segensreich gewirkt. Beinahe alle Aerzte des Kantons Zürich von jener Zeit an bis zur Gründung der Universität im Jahre 1833 haben ihre medizinischen Studien an diesem Institute teils begonnen, teils vollendet. Im Jahre 1833 hat es sich dann in die medizinische Fakultät der Hochschule aufgelöst.

Des Examinators Sohn David Rahn (1769—1848) hat als Arzt mehr als ein halbes Jahrhundert lang seiner Vaterstadt gedient. In Anerkennung der Verdienste, die er sich in den Kriegsjahren bei der Errichtung von Militärlazaretten erwarb, wurde ihm 1803 die Stelle des Poliaters und 1817 diejenige des Archiaters übertragen. Rahn war der letzte, der dieses Amt bekleidet hat, mit der Stiftung der Hochschule wurde es aufgehoben. Aber nicht nur als praktischer Arzt, auch als Lehrer und Mitglied verschiedener Institute und Behörden war Rahn tätig. In unserer Gesellschaft bekleidete er mehrere Jahre hindurch das Amt des Sekretärs. Dem Medizinisch-chirurgischen Institute gehörte er als einer seiner beliebtesten und geachtetsten Lehrer von 1793 bis 1833 an. Als Mitglied des Erziehungsrates und der Gesundheitsbehörde erzwang er eine Reihe wichtiger Reformen, die sich auf die Ausübung der ärztlichen Praxis bezogen. Auch führte er 1810 die Errichtung einer Kantonsapotheke herbei.

Von 1823 an übte David Rahn seine Privatpraxis gemeinschaftlich mit seinem Sohne Hans Konrad (1802—1881) aus, um sie ihm dann gegen Ende seines Lebens ganz zu überlassen. Es ist selbstver-

ständlich, dass auch Hans Konrad unserer Gesellschaft angehört hat. Seinem Interesse für diese gab er noch durch eine letztwillige Verfügung freundlichen Ausdruck. Erinnert sei auch daran, dass er im Jahre 1827, als die Schweizerische Naturforschende Gesellschaft zum zweiten Male in Zürich tagte, zugleich mit H. Locher-Balber die Geschäfte des Sekretariates besorgte.

Mit seinem Sohne Konrad Rahn (1828—1918), der kinderlos gestorben ist, ist nun eine Linie des Rahnschen Geschlechtes erloschen, die durch fünf Generationen hindurch der Stadt Zürich ausgezeichnete Aerzte und Gelehrte und unserer Gesellschaft treffliche Mitglieder geschenkt hat. Damit ist aber der Anteil dieser Familie an dem wissenschaftlichen, insbesondere dem medizinischen Leben Zürichs noch keineswegs erschöpft.

Der Mathematiker Johann Heinrich hatte sich schon mit zwanzig Jahren mit der sechzehnjährigen Elisabeth Holzhalb, einer Enkelin des Amtskollegen seines Grossvaters, des Bürgermeisters Leonhard Holzhalb, verheiratet. Aus dieser Ehe gingen nicht weniger als fünfzehn Kinder hervor, von denen zwölf den Vater überlebten und teils selbst, teils in ihrer zahlreichen Nachkommenschaft dem Geschlechte Ehre machten.[1]) Da ist zunächst zu nennen Johann Heinrich Rahn (1646—1708), der sich als Bibliothekar, Stadtschreiber, Seckelmeister usw., besonders aber durch seine in vier Foliobänden der Stadtbibliothek in Zürich geschenkte «Eydgenössische Geschichtsbeschreibung» verdient gemacht hat und der als ein Vorläufer des bekannten Bürgermeisters Johann Jakob Leu, des Herausgebers des «Schweizerischen Lexikons» (Zürich 1746—1766) zu betrachten ist. Ein anderer Sohn des Mathematikers, der Pfarrer zu Ottenbach Hans Konrad Rahn (1664—1744), war der Vater des wiederholt genannten Ratsherren Johann Heinrich Rahn (1709—1786) und damit der Begründer der einen bereits besprochenen Linie, die mit unserem Konrad Rahn jetzt erloschen ist.

Eine andere nicht minder berühmte Linie wurde von des Mathematikers Sohne Hans Rudolf Rahn (1669—1725), dem Pfarrer zu Rickenbach, gegründet. Ein Sohn dieses Pfarrers war der Chorherr und Archidiakon am Grossmünster Johann Rudolf Rahn (1712—1775), ein als Theologe wie als Sprachforscher gleich hervorragender Mann. Er war der Vater des bereits erwähnten und als Chorherr und «Pfalzgraf» bezeichneten Johann Heinrich Rahn (1749—1812), der von 1803 bis zu seinem Tode Präsident unserer Naturforschenden Gesellschaft gewesen ist, nachdem er ihr schon vorher dreizehn Jahre lang als Quästor und Vizepräsident gedient hatte. Von einer Hauptschöpfung dieses ausgezeichneten Mannes, dem Medizinisch-chirurgischen Institute, war schon die Rede. Rahn widmete sich dieser neuen Bildungsanstalt auch als Lehrer mit solcher Hingebung, dass er noch im Gründungsjahre 1782 einen ehrenvollen Ruf als Professor an die Universität Göttingen erhielt, den er aber ablehnte. Im Jahre 1788 gründete Rahn die Helvetische Gesellschaft korrespondierender Aerzte und Wundärzte, auch war er von 1798 bis 1800

[1]) Siehe R. Wolf, Biographien zur Kulturgeschichte der Schweiz, IV, p. 56.

Mitglied des helvetischen Senates. Von längerer Lebensdauer war die letzte seiner organisatorischen Schöpfungen, die heute noch blühende Medizinisch-chirurgische Kantonalgesellschaft, die er 1810 ins Leben rief. Neben seiner Lehrtätigkeit als Chorherr und als Lehrer am Medizinisch-chirurgischen Institut fand Rahn noch Zeit und Kraft zu ausgedehnter wissenschaftlicher Arbeit. Wie bedeutend diese gewesen ist, geht nicht nur aus der schon erwähnten Berufung nach Göttingen, sowie aus seiner Ernennung zum Mitgliede zahlreicher auswärtiger Akademien hervor, sondern am deutlichsten wohl daraus, dass ihm in Anerkennung seiner Verdienste von dem Churfürsten und Reichsverweser Karl Theodor die Pfalzgrafenwürde und die damit verbundenen Rechte verliehen wurden, «damit er die geschicktesten und verdientesten seiner Zöglinge, zur Aufmunterung der übrigen, mit dem Doktordiplom belehnen könne». Von den Titeln und Rechten, die ihm die neue Würde verlieh, hat Rahn indessen nur einen bescheidenen Gebrauch gemacht. Ausser einigen Medizinern sind vielleicht noch zwei oder drei Doctores philosophiae von Rahn kreiert worden. Unter diesen aber befand sich kein geringerer als Johann Gottlieb Fichte, der später so berühmte Philosoph.

Der Name Fichte führt uns zu einer neuen Linie des Rahnschen Geschlechtes. Hartmann Rahn (1721—1795), ein Vetter des Pfalzgraphen und wie dieser ein Enkel des früher genannten Pfarrers zu Rickenbach, hat sich einen Platz in der Geschichte der deutschen Literatur gesichert. Als Klopstock 1750 in Zürich weilte, veranstalteten ihm zu Ehren Hartmann Rahn, Hans Caspar Hirzel und andere gleichgesinnte Freunde und Freundinnen — es waren im ganzen neun Herren und neun Damen, alle aus den besten Familien Zürichs — jenes herrliche Fest, das durch Klopstocks Ode «Der Zürichsee» unsterblich geworden ist. Die damals angeknüpften Beziehungeen wurden noch dadurch inniger, dass Hartmann Rahn bald darauf Klopstocks Schwester Johanna Viktoria heiratete. Dieser Ehe entspross eine Tochter Johanna Maria. Als sich nun Fichte in den Jahren 1788 bis 1790 als damals noch unbekannter Hauslehrer in der Familie des Gasthofbesitzers Ott zum Schwert in Zürich aufhielt, wurde er mit der Familie Rahn bekannt und verlobte sich mit Johanna Maria. Nach einem Aufenthalt in Leipzig und Königsberg, wo er Kant persönlich nahe trat, kehrte er als berühmter philosophischer Schriftsteller 1793 nach Zürich zurück, wo er sich verheiratete und in dem darauf folgenden Winter eine Reihe von Vorträgen über die Kantische Philosophie veranstaltete. Noch in demselben Winter erhielt er einen Ruf nach Jena und vor seiner Abreise, am 17. März 1794, empfing er aus Rahns, des Pfalzgrafen, Hand das Diplom, in dem ihn dieser zum Doctor philosophiae kreierte.

Mit dem Chorherrn und Pfalzgraphen Johann Heinrich könnten wir unsere der Familie Rahn gewidmete Skizze abschliessen. Doch drängt es uns, noch zwei seiner Nachkommen wenigstens kurz zu erwähnen. Zunächst seinen Sohn Johann Rudolf (1776—1835), Lehrer am Medizinisch-chirurgischen Institut und Arzt am Waisenhause, und dessen Enkel Johann Rudolf (1841—1912), den ehemaligen feinsinnigen Vertreter der Kunstwissenschaft an unseren beiden zürcherischen Hochschulen.

Caesar Schoeller (1853—1918, Mitglied der Gesellschaft seit 1878).

Der am 1. Mai still zu Grabe getragene Caesar Schoeller[1]) wurde im Oktober 1853 als zweiter Sohn seiner beiderseits aus Düren in der preussischen Rheinprovinz stammenden Eltern in Breslau geboren. 1867 kam er im 14. Altersjahr nach Zürich, wohin sein Vater damals nach vorausgehender Erwerbung des Bürgerrechts aus politischen und wohl auch geschäftlichen Gründen übersiedelte, und trat in die dritte Klasse des untern Gymnasiums ein. Obwohl er 1869 in die technische Abteilung der Industrieschule übertrat, 1871 zum Chemiestudium an das eidgenössische Polytechnikum, blieb er doch mit den in jenen zwei Jahren gewonnenen Schulfreunden in stetem Kontakt, der sich vollends zu engerer Freundschaft mit allwöchentlichen Zusammenkünften, bescheidenen Jahresfestchen und Ausflügen gestaltete, als die meisten ehemaligen Genossen jener Klasse von ihren Studien- und Lehrjahren nach Zürich zurückkehrten. Namentlich von Schoeller angeregt, stifteten wir den Grundstock eines Reisefonds für die jetzigen Gymnasiasten. Wanderungen durch die schönen Täler und über die Bergpässe seines neuen Vaterlandes gehörten damals zu Caesars Vergnügen, wie das Rudern in dem von ihm mitbegründeten Ruderklub. Eine Zeit lang betrieb er auch den Reitsport; im schweizerischen Militär wurde er Genieoffizier und Oberleutnant der Verwaltungstruppen.

Trotz vorwiegender Verlegung auf die Naturwissenschaften hatte er doch vielseitiges Interesse für Geisteswissenschaften und Kunst. Neben einem mit mehreren Freunden gebildeten literarischen Kränzchen, das sich mit Uebersetzung klassischer Dramen aus allen erreichbaren Sprachen abgab, besuchte er häufig die Antiquarische Gesellschaft, die Künstler-Gesellschaft, die Rathausvorträge, Hochschulvereinssitzungen, wie er natürlich auch Mitglied des Vereins ehemaliger Polytechniker und der Naturforschenden Gesellschaft war, der er eine grosse Schenkung machte. So schloss er sich einer schönen Gewohnheit altzürcherischer Kaufleute und Industrieller an, die oft Verwunderung bei fremden Professoren erregt hat. Namentlich hegte er von seinen kunstsinnigen, feingebildeten Eltern her eine Vorliebe für Malerei, und erwarb zu einigen, schon im Besitze der Familie befindlichen Meisterwerken unseres Tiermalers Koller noch interessante Skizzen aus dessen Nachlass, unterstützte auch das Künstlerhaus und das Theater. Die etwa im Kameradenkreise gefeierten Festchen nahmen noch lebhafteren Aufschwung, als Schoeller 1881 sich mit einer ebenfalls aus Industriekreisen der Rheinlande stammenden jungen Dame verheiratete. Die liebenswürdige Rheinländerin bildete nicht nur eine treffliche Ergänzung zu Caesars stillem und ruhigem Wesen, sie fand sich auch in den aus so verschiedenen Verhältnissen hervorgegangenen Kameradenkreis sehr leicht ein. Sie verlieh den Zusammenkünften einen lebhafteren Ton durch ihr geselliges, musikalisches und namentlich dramatisches Talent. Dass sie auch dem grössten Ernst des Lebens gerecht zu werden vermochte, zeigte ihre liebevolle und nie ermüdende Pflege bei

[1]) Mit gütiger Erlaubnis von Verfasser und Redaktion abgedruckt aus der «Neuen Zürcher Zeitung» vom 12. Mai 1918.

der letzten langen Krankheit ihres Gatten. Aus der Ehe gingen drei Kinder hervor.

An seinem Interesse für Geisteswissenschaften wurde er auch nicht verhindert durch seine vorwiegend naturwissenschaftliche Weltanschauung. Die darwinistische Richtung im Sinne Häckels, deren Beginn mit Häckels Professur in Jena 1865 in die Jugendjahre Schoellers fiel, nahm Schoeller derart ein, dass er sich von Kirche und Religion persönlich fernhielt.

Die monistische Weltanschauung Schoellers war um so auffallender, als sein Vater, ein ebenso vielseitiger Mann, sich gerade für kirchliche Fragen sehr interessierte, mit den freisinnigen Zürcher Pfarrern Bion, Furrer, mit den deutschen Professoren der Theologie Volckmar und Ryssel verkehrte und selbst kirchenpolitische Abhandlungen verfasste, die 1881—1901 in der «Schweizerischen Theologischen Zeitschrift» erschienen. Schoeller hat mir einmal angedeutet, er sei mit den theologischen Liebhabereien seines Vaters nicht recht einverstanden, aber zu irgend einem Konflikt zwischen Vater und Sohn ist es deswegen nie gekommen. Ohne jeden Widerspruch, ja mit Anerkennung des Unterrichts hatte sich der Sohn von dem mildfreisinnigen Pfarrer Furrer konfirmieren lassen, wie er auch seine Kinder kirchlich taufen und trauen liess. Schliesslich ist doch Vater und Sohn eine Richtung auf Geistesdamals zu Caesars Vergnügungen, wie das Rudern in dem von ihm mitging mehr eigene Wege, z. B. auch in dem Versuch, die Arbeiter am Gewinn zu beteiligen; der Sohn hat sich in frühester Jugend einer neuaufgekommenen Weltanschauung angeschlossen.

Schwer fiel es ihm auch, und ist doch ebenso streitlos verlaufen, dass er statt des in seinem Wunsche liegenden Abschlusses seiner Chemie- und andern Naturwissenschafts-Studien und einer mehr mit wissenschaftlicher Forschung vereinbarten Laufbahn einen Teil des weitverzweigten väterlichen Geschäftes übernehmen musste. Nach einer der Wollindustrie gewidmeten Lehrzeit in England und Reims um 1875—77 übernahm er 1878 die Leitung der Wollfärberei beim Hardturm wie auch die Strickgarnspinnerei in Schaffhausen, nicht nur ohne Widerstreben und fortdauernde Abneigung, sondern mit solcher Energie, dass er «beide Unternehmungen aus kleinen Anfängen zu ihrer jetzigen Ausdehnung brachte».

Seit dem Tode des Vaters wandte er sein Interesse noch einem von diesem gegründeten Plantageunternehmen in Afrika zu, das er lediglich durch seine zähe Ausdauer nach Ueberwindung zahlreicher Misserfolge erst wenige Jahre vor Ausbruch des Weltkrieges zu einer gedeihlichen Entwicklung brachte. Es war für ihn ein harter Schlag, diesen Erfolg jahrelanger Arbeit durch Eintritt des jetzigen Krieges wieder in Frage gestellt zu sehen. Seine Erkrankung im Januar 1915 nötigte ihn zum sofortigen Rücktritt vom Geschäfte und führte trotz scheinbaren besseren Wendungen nach 3¼ Jahren zum Tode.

Ein reiner und grundguter Mensch, der seine reichen Mittel zu wohltätigen, gemeinnützigeen, kunstfreundlichen und wissenschaftlichen Zwecken mit reger Anteilnahme und vielem Verständnis anwendete, und dessen wenig sinnlich angelegter Natur nichts Frivoles oder gar irgendwie Unmoralisches anhaftete, liefert er wohl einen schlagenden Beweis dafür, dass sittliche Reinheit und Tugend, menschenfreundliche Güte und Wahr-

heitsliebe auch mit einer unkirchlichen Gesinnung verbunden sein können. Vielen Bedrängten hat er nicht nur mit Geld, sondern auch mit Stellenversorgung verständnisvolle Hilfe geleistet, «der Besserung der Lage der ihm unterstellten Arbeiterschaft ein reges Verständnis entgegengebracht und sich besonders für gute Wohnungsverhältnisse seiner Arbeiter interessiert».

Unter den schon erwähnten Förderungen wissenschaftlicher Institute brachte unserm Freund in den letzten Jahren seine Schenkung an das phylogenetische Institut in Jena eine ungeahnte Anerkennung mit Verleihung des Doktortitels honoris causa, und verschaffte ihm so in einer auch bei schweizerischen Fakultäten schon mehrfach vorgekommenen Weise einen ehrenvollen Ersatz für die einst durch Geschäftsnotwendigkeit vereitelte Erwerbung des gewöhnlichen Doktortitels.

Vale anima pura et candida! könnte ich ihm nachrufen, wenn der Verstorbene die alten Sprachen mehr geliebt hätte; so wähle ich lieber das Wort des norddeutschen Dichters: «Ja, sie haben einen guten Mann begraben, und uns war er mehr.» P. Schweizer.

Oscar Wyss (1840—1918, Mitglied der Gesellschaft seit 1883).

Am 1. Mai ist Professor Dr. Oscar Wyss[1]) gestorben. Mit ihm ist ein allgemein verehrter Mann dahingegangen, der sich als Arzt, als akademischer Lehrer und als Hygieniker sehr grosse Verdienste erworben hat.

In Dietikon am 17. August 1840 geboren, siedelte Oscar Wyss mit seinen Eltern nach Affoltern a. A. und 1846 nach Otelfingen über, wo er die Primarschule besuchte. Sein Vater ist viele Jahre lang in Otelfingen als Arzt tätig gewesen. Nach bestandener Maturitätsprüfung bezog O. Wyss 1858 die Universität Zürich; er studierte Medizin unter den bekannten Professoren Hermann von Meyer, H. Frey, Moleschott, Griesinger, dem er die gemeinsam mit Bock herausgegebene Monographie über Rückfallfieber widmete, Billroth, Horner, Cloetta, Breslau u. a. 1862 promovierte er mit einer Dissertation «über Septicämie» und gleich nach abgelegtem Staatsexamen trat er eine ihm angebotene Assistentenstelle an der medizinischen Klinik in Breslau bei Lebert an. Er arbeitete teils im Laboratorium, teils am Krankenbett; von Anfang an widmete er sich mit besonderer Vorliebe der pathologischen Anatomie; die Verbindung der klinischen mit der pathologisch-anatomischen Arbeit bildete zeitlebens die Grundlage für seine praktische, wie für seine wissenschaftliche Tätigkeit.

Das Kriegsjahr 1866/67 bot ihm Gelegenheit, sich mit den Kriegsseuchen und mit der Epidemiologie eingehender zu befassen. O. Wyss besorgte damals in Breslau, weil alle disponiblen Aerzte auf dem Kriegsschauplatz tätig waren, gleichzeitig die medizinische, die chirurgische Klinik, die Abteilung für Infektiöse und noch ein Lazarett für verwundete Oesterreicher. 1867 erfolgte die Habilitation in Breslau und die Uebernahme der ebenfalls unter Lebert stehenden medizinischen Poliklinik.

[1]) Mit gütiger Erlaubnis von Verfasser und Redaktion abgedruckt aus der «Neuen Zürcher Zeitung» vom 27. Juni 1918.

Nach einem längern Aufenthalt in Prag und in Wien kehrte er 1869 nach Zürich zurück; kurz nach seiner Rückkehr wurde er als Nachfolger Golls zum Direktor der medizinischen Poliklinik und zum ausserordentlichen Professor an der Universität ernannt. In seinem neuen Wirkungskreis waren u. a. Ulrich Krönlein, Hans von Wyss und Ritzmann seine ersten Schüler. 1874 wurde ihm die Leitung des neu eröffneten Kinderspitals übertragen, wo er Gelegenheit hatte, die pädiatrische Klinik abzuhalten; 1878 übernahm er auch die propädeutische medizinische Klinik und gab die medizinische Poliklinik auf. Einige Jahre später, 1883, erfolgte die Ernennung zum ordentlichen Professor für Hygiene und zum Direktor des neu geschaffenen Hygiene-Instituts der Universität; an der Einrichtung des Instituts und an dessen Sammlung hat er mit grossem Fleiss und Aufopferung gearbeitet. Volle 41 Jahre lang, 1869—1910 hat Herr Professor O. Wyss als Lehrer an der Universität gewirkt; eine grosse Anzahl von Aerzten hat er während dieser Zeit herangebildet; seine Schüler sind in der ganzen Schweiz und auch im Ausland zerstreut; er war zweimal Dekan der medizinischen Fakultät und 1894/1896 Rektor der Universität Zürich.

Die Lehrtätigkeit des Dahingegangenen war eine mannigfaltige: neben der medizinischen Poliklinik, der propädeutischen und seit 1874 der pädiatrischen Klinik hat er Vorlesungen über Hygiene, über Pathologie und über Toxikologie abgehalten.

Zahlreich sind seine wissenschaftlichen Veröffentlichungen. Es reihen sich über 200 Doktordissertationen an, die unter seiner Leitung entstanden sind. Während seiner sechsunddreissigjährigen Tätigkeit am Kinderspital hat er die Mehrzahl der Sektionen selbst ausgeführt mit einer bewundernswerten Gründlichkeit und Gewissenhaftigkeit. Das grosse Material, das er sich am Sektionstisch verschaffte, untersuchte er auch histologisch; die Ergebnisse liess er von seinen Schülern veröffentlichen. Professor Wyss war kein hinreissender Lehrer; er war aber ein äusserst gewissenhafter Forscher und Dozent, der sich eine gewissenhafte erschöpfende Untersuchung und Darstellung zur Pflicht machte: seine Arbeiten und seine Vorträge lieferten stets den Beweis für seine Gründlichkeit.

Die Vielseitigkeit seiner medizinischen und wissenschaftlichen Kenntnisse, die äussest gründliche Untersuchung am Krankenbett, verbunden mit einem warmfühlenden Herzen und mit einem treuen Gedächtnis für seine Patienten, erklären seine ausserordentlichen Erfolge als Arzt und als Konsiliarius. Seine Patienten verehrten ihn; auch war ein jeder Kranke, der sich ihm anvertraut hatte, sein Freund. Herr Professor Wyss war kein Spezialist, sondern ein Kliniker im wahren Sinne, der die verschiedenen Untersuchungsverfahren beherrschte und anwandte.

In der Oeffentlichkeit hat sich der Verstorbene namentlich hervorgetan bei der Behandlung von Fragen, die das allgemeine Wohl betrafen. Jahrzehntelang gehörte er der Hygienekommission der Schweizerischen Gemeinnützigen Gesellschaft an; er ist Mitbegründer und bis zu seinem Tode eifriges Mitglied der Schweizerischen Tuberkulosekommission gewesen. An der Gründung der Zürcher Lungenheilstätte in Wald hat er ein Hauptverdienst, die Bekämpfung der Tuberkulose hat ihn fortwährend beschäftigt. Er sass im Sanitätsrat des Kantons und im Gesundheitsrat

der Stadt Zürich. Die Gesellschaft der Aerzte des Kantons Zürich und die Zürcher Gesellschaft für wissenschaftliche Gesundheitspflege ernannten ihren langjährigen Präsidenten zum Ehrenmitglied.

1910 sah sich Professor Wyss veranlasst, aus Gesundheitsrücksichten vom Lehramt und vom Kinderspital zurückzutreten. Im gleichen Jahr wurde er bei Anlass seines 70. Geburtstages von seiten der Universität der medizinischen Fakultät und seinen zahlreichen früheren Assistenten durch Dankadressen und Widmungen gefeiert; diese Feier hat ihm grosse Freude bereitet.

In seinem schönen Wohnsitz in Wollishofen, umgeben von seinen Kindern und Enkeln, hat Professor Wyss seine letzten Jahre verbracht. Sein Lebensabend wurde durch qualvolle Leiden getrübt. Der Tod kam als Erlösung. Ein Arzt im edelsten Sinne des Wortes ist mit Professor Wyss dahingegangen. Ein überreiches Leben voll gewissenhafter, intensiver Arbeit und aufopfernder Nächstenliebe hat seinen stillen Abschluss gefunden. Ehre seinem Andenken. W. S[ilberschmidt].

Frederic Pearson Treadwell (1857—1918, Mitglied der Gesellschaft seit 1894).

Am 24. Juni 1918 starb Professor F. P. Treadwell,[1]) der berühmte Vertreter der analytischen Chemie an der Technischen Hochschule in Zürich. Nach kurzer Krankheit wurde er durch einen Herzschlag dahingerafft, mitten aus voller Arbeit und Schaffensfreudigkeit.

Frederic Pearson Treadwell, geboren am 5. Februar 1857 in Portsmouth in den Vereinigten Staaten von Nordamerika, entstammt einer alten, amerikanischen Seemannsfamilie. Sein Grossvater mütterlicherseits, Admiral Pearson, war zurzeit des Präsidenten Lincoln Hafenkommandant von Boston. Der Vater, ein Handelsschiffskapitän, gewann auf seinen Reisen besondere Verehrung für Europa. Er brachte daher den jungen Sohn nach Vevey und liess ihn dort die Schulen besuchen. Später schickte er ihn nach Gotha zur Erlernung der deutschen Sprache. In Gotha zeigte sich zuerst Treadwells hervorragende Begabung für Naturbeobachtung und für Mathematik. In den Jahren 1875 bis 1878 studierte er in Heidelberg, wo Bunsen, Kirchhoff, Kopp und Quincke seine Lehrer waren. 1878 promovierte Treadwell bei Bunsen summa cum laude und war dann noch während drei Semestern Vorlesungsassistent bei seinem grossen Lehrer, für den er eine kindliche Zuneigung hegte. Er verehrte ihn zeitlebens wie einen Vater; hatte er von ihm doch die entscheidenden Anregungen für seinen Lebensberuf empfangen. Die Erinnerung an die Heidelberger Jahre hat Treadwell stets hoch gehalten: gerne erzählte er in Freundeskreisen davon, wobei er die Gestalten Bunsens, Kopps und Kuno Fischers, des berühmten Philosophen, mit köstlichem Humor umstrahlte. Es bereitete Treadwell denn auch eine besondere Freude, als wir ihm vor einigen Jahren, auf einer Studienreise begriffen, aus Alt-Heidelberg einen Gruss

[1]) Mit freundlicher Erlaubnis von Verfasser und Redaktion abgedruckt aus der »Neuen Zürcher Zeitung« vom 11. Juli 1918.

und ein Bild sandten, das Studierende und Lehrer der Chemieabteilung der Zürcher Technischen Hochschule vor dem Bunsendenkmal stehend zeigte.

Neben seinen chemischen, besonders analytischen Studien hat sich Treadwell in seiner Heidelberger Zeit eingehend und mit grossem Verständnis in die klassischen Arbeiten von Maxwell und von Clausius über die mechanische Wärmetheorie vertieft. Mit Begeisterung eignete er sich dieses Gebiet der theoretischen Physik an und hat es gut beherrscht. Besondere Neigung hatte er auch für Mineralogie und Krystallographie. Diese führte ihn für kurze Zeit nach Göttingen, wo er Assistent eines der bedutendsten Vertreter dieser Fächer, des Prof. Klein war.

Im Jahre 1881 kam Treadwell nach Zürich. Er trat zunächst als «Auditor» in das damalige Polytechnikum ein, um unter Viktor Meyers Leitung auf organisch-chemischem Gebiete zu arbeiten. Er stellte dabei den ersten Vertreter der Gruppe der Ketine dar, die Viktor Meyer später Aldine nannte, und die jetzt meist als Pyrazine bezeichnet werden. Im gleichen Jahre noch, 1881, wurde Treadwell die Stelle eines ersten Assistenten für das analytisch-chemische Praktikum in Meyers Laboratorium übertragen. Er erhielt gleichzeitig als Nachfolger Michlers, der nach Brasilien reiste, einen Lehrauftrag für die Vorlesung über analytische Chemie an der chemischen Abteilung. Dank der trefflichen Schulung beim Altmeister Bunsen und der eigenen, mit Fleiss gepaarten Begabung konnte Treadwell schon damals als einer der besten Kenner der analytischen Chemie gelten. Er bewährte sich denn auch in seiner neuen Stellung aufs glänzendste. Viktor Meyer, der in jener Zeit auf der Höhe seines Schaffens und Ruhmes stand, schrieb 1882 an Baeyer: «Ich habe jetzt an Treadwell eine ganz unschätzbare Hilfe. Er ist ganz vorzüglich und betreibt die Mineralanalyse mit Leidenschaft, zugleich hält er gute Vorträge über analytische Chemie. Ich hoffe, dass er einen tüchtigen Dozenten abgibt.» [1]) Diese Hoffnung wurde nicht getäuscht. Schon 1884 wurde dem jungen Dozenten als auszeichnende Anerkennung der Professorentitel verliehen.

Treadwell war ein vortrefflicher Lehrer, klar und bestimmt im Ausdruck. Was er in seinen Vorträgen über analytische Chemie brachte, war der Ausfluss seiner eigenen Laboratoriumserfahrung. Arbeitsweisen, die ihm irgendwie Zweifel erregten, liess er aufs genaueste durcharbeiten und spürte allen Umständen nach, die Fehler bewirken konnten. Schon im zweiten Jahr seiner Dozententätigkeit gab er, zusammen mit Viktor Meyer, seine «Tabellen zur qualitativen Analyse» heraus. Sie wurden 1882 zuerst als Manuskript gedruckt und sind dann seit 1884 in acht Auflagen im Buchhandel erschienen.

Seine Lebensarbeit aber hat Treadwell niedergelegt in seinem «Kurzen Lehrbuch der analytischen Chemie in zwei Bänden». Dieses Buch hatte einen beispiellosen Erfolg. Es ist entstanden aus autographierten Nachschriften seiner Vorlesungen, die 1885 durch die Studierenden herausgegeben wurden. 1899 erschien der erste Band, Qualitative Analyse, im Buchhandel, die 8. Auflage kam 1914. Vom zweiten Band, die Quantitative

[1]) R. Meyer, Viktor Meyer, Leben und Wirken, S 136.

Analyse enthaltend, mussten von 1901 bis 1917 sieben Auflagen veranstaltet werden. Schon in der ersten Vorrede ist der Grundsatz ausgesprochen, dass nur solche Methoden beschrieben werden sollen, die der Verfasser aus eigener Erfahrung kenne. Dies war schon damals bei der Mehrzahl derselben der Fall. Seither hat er alle die Arbeitsweisen unermüdlich nachgeprüft oder durch seine Mitarbeiter nachprüfen lassen. Die Ergebnisse dieser Arbeiten sind zum Teil in den «Berichten der Deutschen Chemischen Gesellschaft», in der «Zeitschrift für anorganische Chemie», der «Zeitschrift für angewandte Chemie» und in Doktordissertationen seiner Mitarbeiter niedergelegt. Der grössere Teil aber wurde jeweilen in die Neuauflagen seines Buches verarbeitet. Dadurch hat dieses Werk eine kaum zu übertreffende Zuverlässigkeit gewonnen, die es hoch erhebt über viel umfangreichere, blosse Zusammenstellungen.

Die analytische Chemie ist angewandte Chemie, Hülfsmittel der Technik zur Wertbestimmung von Rohstoffen oder von Erzeugnissen der Industrie. Oder sie dient anderen Wissenschaften zur Ermittlung des Gehaltes der Stoffe an irgendwelchen Bestandteilen. Treadwell hat durch manche seiner Arbeitsverfahren die Genauigkeit der Bestimmungen über das Maß hinaus gesteigert, die für jene praktischen Zwecke erforderlich ist. Er hat dadurch die Analyse in vielen Fällen zum Selbstzweck gestaltet und damit den Lernenden ein vortreffliches Mittel zur Erziehung zu genauer Beobachtung und zu gewissenhaftestem Arbeiten geboten. Bei der Veranstaltung der zahlreichen neuen Auflagen des Buches hatte sich Treadwell auch der Mithilfe seiner Familienglieder zu erfreuen. Seine Gemahlin, die in Zürich Medizin studiert hatte, sowie seine beiden Söhne lasen die Korrekturen und betätigten sich zum Teil auch an der Gestaltung des Inhaltes. Ein Zeichen für ein ungetrübtes, schönes Familienleben, das ihm bis zu seiner letzten Stunde beschieden war.

Im Jahr 1893, als Eugen Bamberger auf den Lehrstuhl für allgemeine Chemie berufen wurde, schuf man für Treadwell eine ordentliche Professur für analytische Chemie. Neben die Vorlesungen über qualitative und quantitative Analyse reihten sich noch solche über Sondergebiete, wie technische Analyse, Gasanalyse, Probierkunde, ferner eine zahlreich besuchte und mit zahlreichen Diplomprüfungen gesegnete über allgemeine Chemie für Maschineningenieure und Bauingenieure. In den Jahren 1905—1909 und von 1913 bis zu seinem Tode amtete Treadwell als Vorstand der Chemischen Abteilung der Eidg. Technischen Hochschule. Er war ein wohlwollender Berater der Studierenden, der in Prüfungsangelegenheiten und auch bei Verfehlungen der Jugend gegenüber gern väterliche Milde walten liess.

Es konnte nicht ausbleiben, dass an den gewiegten Analytiker, dessen Ruf durch sein Buch rasch in die Welt hinaus getragen wurde, auch zahlreiche Aufgaben praktischer Art herantraten. Die Technik nahm ihn mit vielerlei, namentlich schwierigen Aufträgen häufig in Anspruch. Bei umfangreichen neuen Analysen vieler Heilquellen, wie der von Baden, St. Moritz (neues Stahlbad, Funtauna Surpunt) und manch anderer, hatte er Gelegenheit, seine Kunst der Bestimmung in kleinsten Mengen vorhandener Bestandteile zu bewähren. Gleichzeitig erweiterte er dabei seine Kenntnis des Landes, dessen Bürger er 1905 wurde, als die Stadt Zürich

ihm das Bürgerrecht verehrte. Er liebte dieses Land und hat namentlich seine Gebirgswelt in jungen Jahren als eifriger Bergsteiger durchstreift. Noch in seiner Todesstunde hat er von seinen Bergfahrten mit Humor erzählt. Auch anderem Sport war er zugetan; er hat dabei seine angelsächsische Herkunft nicht verleugnet. Er war ein sicherer Schütze und ein vortrefflicher Billardspieler.

Treadwell war kein einseitiger Gelehrter, sondern ein harmonisch gebildeter Mensch, dem nichts Menschliches fremd war. Als untadeliger Charakter, mild im Urteil und stets liebenswürdig im Umgang, hat er wohl keine Feinde gehabt. Er hat ein beneidenswert schönes Leben gelebt. So wird er in unserer Erinnerung fortleben und stets unvergessen bleiben, allen, die das Glück hatten, ihn zu kennen. E. Bosshard.

Traugott Wartenweiler (1853—1918, Mitglied der Gesellschaft seit 1895).

Ein weitbekannter Schulmann,[1]) Traugott Wartenweiler, Sekundarlehrer in Oerlikon, schied nach 45 Dienstjahren am 8. Oktober an einem Hirnschlag dahin. Er war 1853 als Lehrersohn zu Mühlebach im Thurgau geboren. Nach seiner Seminarzeit in Kreuzlingen wirkte Wartenweiler kurze Zeit als Primarlehrer in seinem Heimatkanton, dann kam er an die Lehramtsschule Zürich und wurde 1886 Sekundarlehrer in Bülach. 1894 berief ihn die Gemeinde Oerlikon an ihre rasch aufblühende Sekundarschule. Die Naturwissenschaften, insbesondere Physik und Chemie, waren seine Lieblingsgebiete. Er hatte praktisches Geschick und verstand es, einfache Apparate herzustellen, um physikalische Erscheinungen klar zu machen. Das Kapitel Bülach verdankte ihm manche Anregung und ermunterte ihn, seine Demonstrationen auch anderwärts vorzuführen, was er in Einzelvorträgen oder in Kursen (Winterthur), selbst über den Kanton hinaus (Thurgau), stets bereitwillig und gefällig übernahm. Mancher Lehrer der Sekundarschule ist ihm für seine Veranschaulichungsmittel und Ratschläge für einfache Gestaltung des Physikunterrichtes dankbar. Mit dem «chemischen Praktikum», das er seiner Zeit in der Schweiz. Pädagogischen Zeitschrift veröffentlichte, vermaß er sich fast in seiner Kraft; der Stoff ging über das in der Sekundarschule Mögliche hinaus. Während jener Publikation machte er sich an eine Preisarbeit über das Zeichnen. Die reiche Anregung, die er von den grossen elektrischen Geschäften seiner Gemeinde erhielt, führte ihn immer mehr auf das Gebiet der Elektrizität. Handwerks- und Gewerbevereine weit in der Schweiz herum liessen sich von ihm darin aufklären, und als Lehrer an der Gewerbeschule unterrichtete er die Lehrlinge in seinem Lieblingsfach. In den letzten Jahren beschäftigte ihn besonders die Chemie. Ein Lehrmittel, das er in Arbeit hatte, vermochte er indes nicht mehr zu vollenden; sicher hätte er darin den chemischen Unterricht auf ein praktisches Arbeitsprinzip gestellt. Wie in Bülach, so nahm sich Wartenweiler in Oerlikon gern gemeinnütziger Bestrebungen an; als Mitglied oder im Vor-

[1]) Mit freundlicher Erlaubnis von Verfasser und Redaktion abgedruckt aus der «Schweizerischen Lehrerzeitung», Jahrgang 63, Nr. 45 vom 9. November 1918.

stand von Vereinigungen war er stets hülfs- und dienstbereit. Für ein Sängerfest in Oerlikon verfasste er das Festspiel, das unter seiner Leitung mit grossem Erfolg aufgeführt wurde. In der Schule war er mit ganzer Seele, pflichteifrig, unermüdlich bis ans Ende. Viel Frohsinn und guter Humor begleitete ihn durch Schule und Leben. Als Spuren menschlicher Hinfälligkeit sich zeigten, überwand er sie mutvoll. Muße und Schonung kannte er für sich nicht. Seinen Wunsch, rasch von hinnen scheiden zu können, hat ihm das Geschick erfüllt. Aus voller Arbeit hat ihn der Tod hinweggenommen, wie es nur Glücklichen beschieden ist.

Paul Hefti (1879—1918, Mitglied der Gesellschaft seit 1910).

In der Morgenfrühe [1]) des 30. Oktober starb in Bülach im Alter von 40 Jahren an Grippe-Lungenentzündung Forstmeister P. Hefti, der Forstmeister des VI. zürcherischen Forstkreises. In Forstmeister Hefti verliert der Kanton Zürich einen hervorragend tüchtigen Forstbeamten, die Schweiz einen tatkräftigen, unermüdlichen Förderer forstlicher Bestrebungen.

Paul Hefti, 1879 in Zürich geboren, trat im Herbst 1897 nach bestandener Maturitätsprüfung in die Forstschule des Eidg. Polytechnikums ein. Die Wahl des forstlichen Berufes entsprach seiner Veranlagung — Hefti war Idealist und ein begeisterter Freund der Natur — in weitgehendem Maße. In seiner spätern Berufstätigkeit fand er denn auch stets hohe Befriedigung. Nach Absolvierung der Forstschule und des vorgeschriebenen Jahres forstlicher Praxis erlangte er im Herbst 1901 nach abgelegter Staatsprüfung das eidg. Wahlfähigkeitszeugnis zur Bekleidung einer höhern Forststelle. Hefti betätigte sich zunächst in verschiedenen Kantonen mit forsttaxatorischen Arbeiten. Er stand kurze Zeit als technische Aushilfe auch im Dienste der Eidg. Zentralanstalt für forstliches Versuchswesen. Von 1905 an bekleidete er die Stelle eines Adjunkten beim Kantonsforstamt Baselland und 1907 erfolgte seine Wahl zum Forstadjunkten des kantonalen Oberforstamtes in Zürich. Damit trat Hefti freudigen Herzen, in Erfüllung eines von ihm längst ersehnten Wunsches, in den Dienst seines Heimatkantons, dem er in der Folge bis zu seinem frühen Tode in vorbildlicher Weise, gewissenhaft und mit grosser Fachkenntnis diente.

1911 wurde Hefti als Nachfolger des verstorbenen Forstmeisters von Orelli zum Forstmeister des VI. Forstkreises, umfassend den Bezirk Dielsdorf und den grössern Teil des Bezirkes Bülach, gewählt. Eine arbeitsreiche und schwierige, aber dankbare Aufgabe eröffnete sich damit dem strebsamen, mit reichen Gaben des Geistes und Charakters ausgerüsteten jungen Forstmanne, galt es doch, mit den altüberlieferten, bei den Waldbesitzern eingefleischten Anschauungen und Methoden des Kahlschlagbetriebes zu brechen und die Wirtschaftsführung allmählich auf neue, naturgemässere Bahnen zu leiten. Mit zähem Eifer und grosser Arbeitsfreudigkeit machte sich unser Freund an die neue Aufgabe, die er, wäre ihm das Schicksal günstig gewesen, in absehbarer Zeit sicher restlos gelöst hätte. Während seiner verhältnismässig sehr kurzen Wirksam-

[1]) Mit gütiger Erlaubnis von Verfasser und Redaktion abgedruckt aus der »Neuen Zürcher Zeitung« vom 6. November 1918.

keit als Forstmeister lassen sich denn auch bereits bedeutsame Anfänge einer verbesserten Bewirtschaftung der ausgedehnten Gemeindewaldungen seines VI. Forstkreises erkennen. Fortschritte, die um so höher anzuschlagen sind, als sie erst nach Ueberwindung mannigfacher Schwierigkeiten zu erreichen waren. Ein weitumfassendes fachliches Verständnis, entschlossene Willenskraft, gleichzeitig aber auch ein taktvolles Auftreten im Verkehr mit den die Interessen des Waldbesitzes vertretenden Gemeindebehörden — alles Eigenschaften, über die der Verstorbene in besonderm Maße verfügte — befähigten ihn zu der bemerkenswert raschen Förderung des angedeuteten Wirtschaftszieles. Es ist zu hoffen, dass sich ein Nachfolger findet, der das begonnene Werk Heftis in seinem Sinn und Geiste weiterführt.

Seit zwei Jahren besorgte Forstmeister Hefti neben seiner angestrengten Amtstätigkeit in vorzüglicher Weise auch die Redaktion der «Schweiz. Zeitschrift für Forstwesen». Die schweizerischen Forstleute sind ihrem verstorbenen Kollegen zu grossem Danke verpflichtet, dass er sich bereit erklärte, die Redaktion ihres Fachorgans zu übernehmen. Für einen in der Praxis stehenden Forstmann war es keine leichte Aufgabe, und seine Bereitwilligkeit ist ihm um so höher anzurechnen, als sie in eine Zeit fiel, da, bedingt durch die Kriegsverhältnisse, an die Tätigkeit der Forstbeamten ganz neue, arbeitsreiche Aufgaben herantraten.

In der berührten, vielseitigen Tätigkeit erschöpfte sich die grosse Arbeitskraft Heftis noch nicht. Die notwendige, zeitgemässe Forderung unseres Forstwesens in organisatorischer und technischer Hinsicht lag ihm am Herzen und er suchte diesen seinen Bestrebungen durch gelegentliche Vorträge und fachliche Artikel in der Tagespress gerecht zu werden. Wir erinnern an die häufigen forstlichen Beiträge, die er der «N. Z. Z.» für ihr Beiblatt «Land- und Forstwirtschaft» zur Verfügung stellte. Kurz vor seinem Tode vollendete er eine, im Auftrage des Schweiz. Forstvereins verfasste grössere Arbeit, eine Denkschrift, die zum Zwecke hat, alle Kreise unserer Bevölkerung und insbesondere die Behörden und Waldbesitzer aufzuklären über die grosse ökonomische Bedeutung einer intensivern Bewirtschaftung unserer Waldungen. Er sollte die Drucklegung dieser bedeutungsvollen Schrift, die beredtes Zeugnis ablegt von seinem Können und Wissen, nicht mehr erleben. Unbewusst hat er sich mit dieser seiner letzten Arbeit selbst ein bleibendes Denkmal geschaffen. Auch die Schweiz. Forstwirtschaftliche Zentralstelle, die nächstens ins Leben gerufen werden soll, fand in Forstmeister Hefti einen unermüdlichen, tatkräftigen Förderer. Was der Verblichene endlich über seinen Forstkreis hinaus für das Forstwesen seiner engern Heimat geleistet hat, das werden ihm seine zürcherischen Kollegen nie vergessen.

Die Behörden und Waldvorsteherschaften des VI. Forstkreises, mit denen er seit sieben Jahren in regem amtlichen Verkehr stand, werden das Andenken ihres energischen, aber stets gerechten und wohlwollenden Forstmeisters, der ihnen in der Vollkraft seiner Tätigkeit entrissen wurde, sicher gleichfalls in hohen Ehren halten. Was er im Interesse ihres Waldbesitzes gewollt und geleistet hat, das wird in vollem Umfange ihnen erst später so recht zum Bewusstsein kommen.

Forstmeister Hefti war auch über seinen Beruf hinaus noch viel-

seitig tätig. Als eifriger Militär diente er seinem Vaterlande seit Kriegsbeginn verschiedentlich mit Hauptmannsgrad als Brigadeadjutant und Kompagnieführer. Seine Betätigung als angesehenes Mitglied der freisinnigen Partei fand in einem kurzen Nachruf der «N. Z. Z.» bereits angemessene Würdigung. Es erscheint als ein tragisches Schicksal, dass Forstmeister Hefti die nach dem Krieg bestimmt eintretende bedeutsame Fortentwicklung unseres Forstwesens nicht mehr miterleben durfte, nachdem er seit Jahren in diesem Sinne unentwegt und mit achtunggebietender Schaffensfreudigkeit und zäher Willenskraft gewirkt hat. Schmerzlich berührt sein früher Tod alle, die ihm im Leben näher gestanden und die seine trefflichen Eigenschaften als Forstmann und Mensch zu schätzen wussten. Für das Forstwesen unseres Landes bedeutet der Hinschied Forstmeister Heftis in den Jahren voller Schaffenskraft einen fühlbaren Verlust.

Am Tage vor Allerseelen trugen sie, was an unserm Freunde sterblich war, hinaus auf den stillen Friedhof seines Amtssitzes Bülach. Sein frischer Grabhügel bedeckte sich rasch mit zahllosen Bumen und Zweigen des Waldes, den er im Leben so begeistert geliebt und dessen Pflege er sich zu seiner freudigen, nun so jäh abgebrochenen Lebensaufgabe gemacht hat.

K. R[üedi].

Zweiter Teil

Sitzungsberichte

Sitzungsberichte von 1918.

Protokoll der Sitzung vom 14. Januar 1918,

abends 7½ Uhr, auf der Schmidstube.

Vorsitzender: Prof. Dr. E. Bosshard. Anwesend: 60 Personen.

Traktanden:

1. Unsere Gesellschaft hat durch den Tod verloren:
   im November 1917 Herrn C. W. Denzler, Ingenieur,
   im Dezember 1917 Herrn F. Meyer-Fierz.
   Die Anwesenden erheben sich zu Ehren der Verstorbenen von ihren Sitzen.
2. Das Protokoll der letzten Sitzung wird genehmigt unter Verdankung an den Autoreferenten und den Sekretär.
3. Als neue Mitglieder werden aufgenommen:
   Herr Georg v. Wyss, stud. chem., Bärengasse 19, Zürich 1, angemeldet durch Herrn Dr. E. Rübel.
   Herr Julius Widmayer, Kaufmann, Bionstrasse 11, Zürich, angemeldet durch Herrn Dr. O. Veraguth und Herrn Dr. E. Rübel.
4. Vortrag von Herrn Privatdozent Dr. W. J. Baragiola:

Der Wein, als Gegenstand der Forschung.

Der Wein ist in den letzten Jahrzehnten vielfach Gegenstand wissenschaftlicher Forschung auf breiterer Grundlage als bis dahin geworden. Zur Förderung unserer Kenntnisse auf diesem Wissensgebiete hat hauptsächlich die Chemie beigetragen, daneben aber auch die Bakteriologie, die Gärungsphysiologie und die wissenschaftliche Mikroskopie.

Beherrscht werden die neuen Forschungen über den Wein von den Untersuchungen über seinen Säuregehalt. Nach dieser Richtung ist von wichtigeren Ergebnissen zunächst hervorzuheben der qualitative Befund der analytischen Chemie, dass alle Weine Milchsäure als regelmässigen Bestandteil und oft als hauptsächlichste Säure enthalten. In quantitativer Beziehung gelang der analytischen Chemie die schwierige Aufgabe der Trennung der wichtigsten organischen Säuren des Weines, nämlich der Weinsäure, Äpfelsäure, Milchsäure, Bernsteinsäure, Essigsäure und Gerbsäure. Die Bakteriologie fand, dass die Milchsäure aus Äpfelsäure durch säureverzehrende Bakterien gebildet wird. Dieser mit Kohlensäureentwicklung verbundene Säureabbau ist von überaus grosser Wichtigkeit für die Technik der Weinbehandlung. Mit ihm hängt auch meistens die beliebte Sternbildung der Flaschenweine zusammen. Die physikalische Chemie klärte die Frage der Bindungszustände der Säuren im Weine auf und zeigte, dass alle Weine freie Weinsäure enthalten. Sie führte ferner

den Begriff der Wasserstoffionenkonzentration in die Weinchemie ein. Der saure Geschmack des Weines ist proportional seinem Säuregrad, d. h. eben dieser Wasserstoffionenkonzentration. Die Zunge zeigt für Schwankungen des Wasserstoffionengehaltes eine grosse Empfindlichkeit. Zum Verständnis der chemischen Vorgänge im Weine ist die Ionenlehre von grösster Bedeutung. Sie zeigt beispielsweise, dass es Weine geben kann, die bei quantitativ und qualitativ gleichem Gehalt an titrierbaren Säuren dennoch ganz verschieden sauer schmecken. Sie erklärt die merkwürdige Erscheinung, dass manche Weine beim Verdünnen mit Wasser saurer werden oder doch gleich sauer wie zuvor bleiben. Sie deutet uns die Wirkung des Weinsteines im Fasse und diejenige der Schwefelsäure aus dem Holze stark eingebrannter Fässer auf den Wein. Es ist zu hoffen, dass es bald gelingen werde, aus den Analysenergebnissen eines Weines berechnen zu können, wie stark sauer er schmeckt.

Der Wert der verschiedenen Verfahren der Weinverbesserung erscheint im Lichte der neueren Forschungen vielfach ganz anders, als man ihn im allgemeinen einschätzt. Die starke Deckung des sauren Geschmackes durch die Trockenzuckerung ist auf die verminderte Wanderungsgeschwindigkeit der Ionen in dem an Alkohol und Glyzerin angereicherten Weine zurückzuführen. Umgekehrt ist der geringe Einfluss des Gallisierens auf den Säuregrad so zu deuten, dass durch die Wasserbeigabe die Säuredissoziation vermehrt wird. Zur Milderung des sauren Geschmackes eignet sich vorläufig besonders die Entsäuerung mit Kalk, die auf einer Ausfällung eines Teiles der Weinsäure und auf starker Rückdrängung der Säuredissoziation durch Bildung gleichioniger Salze beruht. Der Entsäuerung gegenüber steht das Gipsen des Weines mit dem Zwecke einer Erhöhung des Säuregrades. Die Wirkung des Gipsens kann nur physikochemisch erklärt werden. Sie beruht in der Vermehrung des Gehaltes an freien organischen Säuren auf Kosten der gebundenen Säuren und daheriger stark verminderter Rückdrängung der Säuredissoziation durch gleichionige Salze. Das Gipsen ist ein Schulbeispiel für das wunderbare empirische Empfinden der Praktiker. Interessant ist auch die Nachentdeckung der entsäuernden Wirkung von neutralem Kaliumtartrat auf den Wein auf Grund der Ionenlehre, ein Verfahren, das schon Liebig, von stöchiometrischen Überlegungen ausgehend, empfohlen hatte.

Auch manches andere, allgemein übliche Verfahren der Kellerbehandlung erscheint heute in einem ganz anderen Lichte als früher. Die Schönung mit eiweisshaltigen Stoffen und ihre Begünstigung durch unerlaubte oder erlaubte Zusätze, wie Alaun, Kochsalz, Kaliummetasulfit, erklärt sich kolloidchemisch in der Weise, dass die Kolloide durch besondere Ionengattungen ausgefällt werden. Manches kolloidchemische Rätsel bietet noch die Filtration. Das Schwefeln des Weines muss ebenfalls vom Standpunkte der Ionenlehre betrachtet werden. Die grosse Stärke der sogenannten aldehydschwefligen Säure, einer Säure, die etwa so kräftig ist wie Salzsäure, und ihre Empfindlichkeit gegen Alkalien erklärt die geringe physiologische Wirksamkeit der schwefligen Säure in dieser Bindungsform. Auf Grund der neuen Forschungen stehen der Anwendung der schwefligen Säure noch ganz andere Verwendungsmöglichkeiten offen, als sie heute üblich sind.

Grosse Fortschritte sind auch in der Analyse der Weinasche und des Weinextraktes gemacht worden. Dabei ergab sich unter anderem der ganz auffallende und bis jetzt nicht zu erklärende Reichtum der Zürichsee-Weine

an Phosphorsäure und an Ammonium. Es gelingt, einen Wein so eingehend zu analysieren, dass wenn man alle analytisch gefundenen, einzelnen Bestandteile zusammengibt, ein Kunstwein erhalten wird, der analytisch und physikalisch, besonders auch bezüglich des Ionisationszustandes, dem natürlichen Vorbilde äusserst ähnlich wird. Aber der Geschmack eines solchen Kunstweines ist ein ganz anderer als derjenige des Naturweines, dem er nachgebildet wurde, denn wir kennen eben noch nicht die in äusserst geringen Mengen vorhandenen, aber sehr wirksamen typischen Geruch- und Geschmackstoffe des Weines. Solche eingehenden Untersuchungen wurden auch an sehr alten Weinen, bis zum Jahrgange 1753 zurück, unter Förderung von allerlei interessanten Ergebnissen ausgeführt.

Die zukünftige Entwicklung der chemischen Weinforschung kann man sich besonders nach zwei Richtungen hin ausdenken. Die analytische und physikalische Chemie sollten weiter fortfahren, für jede Gruppe von Weinbestandteilen und für alle wichtigeren Elemente des Weines analytische und physikochemische Bilanzen aufzustellen. Die präparativ-organische Chemie sollte an ganz grossen Mengen Wein, etwa im Sinne der Willstätterschen Arbeitsweise, versuchen, die bisher noch unbekannten Bestandteile des Weines zu fassen. (Autoreferat.)

In der Diskussion spricht Herr Prof. Wiegner besonderes Interesse aus für die vom Vortragenden erwähnte Tatsache, dass im Zürichseewein besonders viel Phosphorsäure enthalten ist, trotzdem die hiesigen Böden eher als phosphorarm zu bezeichnen sind. Herr Prof. Heim weist darauf hin, dass sich die Weine vom linken und rechten Ufer auf geologischer Grundlage vergleichen lassen, indem auf dem rechten Ufer die Reben auf dem Steilhang der Terrassen, die Wiesen auf deren flachem Teil sich finden, weil die Reben dadurch für die Sonnenbestrahlung in günstigerer Lage sind, während diese Verhältnisse auf dem linken Ufer gerade umgekehrt liegen. Der Vorsitzende verdankt die mit reichem Beifall bedachten Ausführungen und beglückwünscht den Vortragenden zu dessen eigenen schönen Arbeiten auf diesem Gebiete, worauf der Vortragende noch einige ergänzende Bemerkungen zu dem erwähnten Auftreten der Phosphorsäure macht.

Protokoll der Sitzung vom 28. Januar 1918,

abends 7½ Uhr, auf der Schmidstube.

Vorsitzender: Prof. Dr. E. Bosshard. Anwesend: 110 Personen.

Traktanden:

1. Das Protokoll der letzten Sitzung wird genehmigt unter Verdankung an den Autoreferenten und den Sekretär.
2. Vortrag von Herrn Prof. Dr. R. Eder:

Über Kakao und Schokolade.

Der Kakao nimmt unter den menschlichen Genussmitteln eine besondere Stellung ein. Er ist der einzige Vertreter dieser Körperklasse, der zugleich noch ein Nahrungsmittel ist.

Die Kakaopräparate werden bereitet aus den Samen des Kakaobaumes: *Theabroma Cacao* L. und einiger verwandter Arten, die von untergeordneter Bedeutung sind. Die Heimat dieses prächtigen, zu den Sterculiaceen gehörenden

Baumes ist das tropische Amerika. Wild wird die Pflanze jetzt nicht mehr sicher angetroffen. Das Vegetationsgebiet des Kakaobaumes erstreckt sich vom 23° nördlicher bis zum 20° südlicher Breite. In der Kultur stellt die Pflanze in verschiedenster Hinsicht sehr hohe Anforderungen. In Südamerika unterscheidet man besonders 2 Kulturformen des Baumes: den zarten Criollo, den einheimischen Kreolen-Kakaobaum Venezuelas und den widerstandsfähigeren Forastero (Fremdling), der besonders auch in Afrika gepflanzt wird.

Die Kakaofrucht enthält 25—40 platteiförmige Samen, die in ein süsses Fruchtmus eingebettet sind. Die Samen (Kakaobohnen) bestehen aus einer spröden Schale, einer zarten Endospermhaut (Silberhäutchen) und einem grossen Keimling (Kern). Die frisch der Frucht entnommenen Samenkerne sind weiss; beim Trocknen nehmen sie je nach der Sorte eine braune oder violette Färbung an. Statt des einfachen Trocknens an der Sonne werden die Samen in den Produktionsländern jetzt meist einem Fermentationsprozess unterworfen, den man als „Rotten" bezeichnet und der den Zweck hat, das Aroma zu verfeinern. Die chemischen Umsetzungen, die sich dabei abspielen, sind noch nicht genau bekannt. Wahrscheinlich wird beim Rotten ein kompliziert zusammengesetztes Glukosid partiell gespalten in die Alkaloide Theobromin und Coffein, das Pigment Kakaorot und Traubenzucker. Auch Sprosspilze sind beim Prozess beteiligt (Saccharomyces Theobromae Preyer).

Im Handel werden die verschiedenen Sorten der Kakaobohnen in erster Linie nach der Feinheit des Aromas und des Geschmackes bewertet und nach den Produktionsländern unterschieden. Die wichtigsten Kulturgebiete für Kakao sind: in Amerika: Ecuador (liefert Guayaquil-Kakao des Handels; Hauptsorten: Arriba und Machála), Brasilien (Bahia- und Pará-Kakao), Venezuela (Puerto Cabello- und Carácas-Kakao [feinste Sorten], Maracaibo und Carúpano), Trinidad, Santo Domingo und Haiti (liefert schlechteste Sorten), Grenada, Jamaika, Kuba, Surinam; in Afrika: Goldküste (Accra-Kakao), San Thomé, Fernando Poo, Lagos, Deutsche Kolonien; in Asien: Ceylon und Java. Vor etwa 20 Jahren war Ecuador das Hauptproduktionsland für Kakao; jetzt ist seine Jahresernte etwa gleich gross wie diejenige Brasiliens (ca. 40 Millionen Kilo). Beide Länder sind aber seit 1913 weit überholt von der britischen Goldküste, die sich binnen 20 Jahren aus kleinen Anfängen zum ersten Kakaoproduktionsland der Erde aufgeschwungen hat (1905: 5,6 Millionen, 1915: 78,5 Millionen Kilo). Sehr bedeutend ist auch noch die Produktion von San Thomé (1915: 31 Mill. Kilo), Trinidad (24 Mill. Kilo), Santo Domingo (23 Mill. Kilo) und Venezuela (15 Mill. Kilo).

Unter den Verbrauchsländern für Kakaobohnen stehen die Vereinigten Staaten an erster Stelle; dann folgten vor dem Kriege: Deutschland, Frankreich, England, Holland und die Schweiz. Während Deutschland 1912 55 Mill. Kilo importierte, ist seine Einfuhr 1916 infolge der Absperrmassnahmen auf 11 Mill. Kilo gesunken. Sonst hat der Verbrauch an Kakao während des Krieges in allen Ländern zugenommen. Die Preise der Kakaoprodukte sind gestiegen, hauptsächlich infolge des Zuckermangels; an Kakaobohnen herrscht Überproduktion. Die Schweiz importierte vor dem Kriege jährlich etwa 10 Mill. Kilo Kakaobohnen, 1915 hingegen 17 Millionen Kilo. Der grösste Teil der bei uns hergestellten Kakaoprodukte wird wieder exportiert (1915 ca. 27 Mill. Kilo im Werte von ca. 91 Millionen Franken); immerhin ist auch der Inlandskonsum ein erstaunlich hoher (Wert 1915: ca. 25 Millionen Franken). Als

Exportland für Kakaoprodukte figuriert die Schweiz an erster Stelle, was wohl in der Hauptsache auf der Erzeugung einer hochwertigen Qualitätsware beruht. Die feinsten Ess-Schokoladen, die jetzt auf dem Weltmarkt eine so grosse Rolle spielen, sind zuerst in der Schweiz hergestellt worden (Haselnussschokolade 1830 durch A. Kohler, Milchschokolade 1878 durch D. Peter, „Fondant"-Schokolade durch Rob. Lindt fils. Die erste schweizerische Schokoladefabrik wurde 1819 durch F. L. Cailler in Vevey begründet.

Hinsichtlich der chemischen Zusammensetzung können für die gerösteten und gemahlenen Kakaokerne folgende Durchschnittszahlen gelten: Wasser 4,16%, Alkaloide 1,56%, Eiweisstoffe 12,41%, Fett 53,03%, Kohlenhydrate 21,81%, Rohfaser 3,40%, Asche 3,63%. Der hohe Gehalt an Eiweissstoffen, Fett und Kohlenhydraten bedingt den Wert des Kakaos als Nahrungsmittel. Der Gehalt an Alkaloiden (Theobromin 1—2,3% und Coffeïn 0,05 bis 0,36%) verleiht dem Kakao den Charakter eines Genussmittels. Zum Unterschied von andern verwandten Genussmitteln, wie Kaffee, Tee, sind aber schädliche Wirkungen infolge Gebrauches von Kakao in den üblichen Mengen nicht konstatiert worden. Hochgeschätzt wird beim Kakao vor allem das herrliche Aroma. Die Träger desselben sind chemisch noch nicht genauer bekannt.

Vor der Verarbeitung zu Kakaopräparaten werden die Kakaobohnen von Verunreinigungen befreit. Die Bereitung der Schokolade zerfällt im Prinzip in 2 Prozesse: 1. das Rösten der nicht geschälten Bohnen und 2. das Vermahlen der geschälten Kerne zu feinster Paste unter Beimischung von Zucker, Gewürzen (bes. Vanille oder Vanillin) und eventuell noch Kakaofett, konz. Milch, Haselnüssen usw. Nach dem Rösten, durch welches das eigentliche Kakaoaroma entwickelt wird, werden je nach der Art der herzustellenden Schokolade feinere oder weniger feine Kakaosorten gemischt. In der Brech- und Reinigungsmaschine erfolgt dann die erste grobe Zerkleinerung der Bohnen und die Trennung der Schalen von den Kernen. Die dabei abfallenden feinen Partikel, der sogen. „Grus", welcher neben kleinen Schalenpartikeln noch bis 50% Kakaoteilchen und besonders auch die Würzelchen der Kakaoembryonen, die sogen. „Keime" enthält, wird auf besonderen Maschinen von den Schalen befreit.

Die Kakaoschalen sind das einzige Abfallprodukt der Schokoladeindustrie. Sie werden als Kakaotee oder als Viehfutter verwendet, oder man gewinnt aus ihnen noch Theobromin und Kakaofett.

Die gerösteten und zerbrochenen Kakaokerne werden durch sukzessive Behandlung in verschiedenen Maschinentypen, Vermischen mit Zuckerpulver und Gewürzen und mehrtägiges Lagern bei 20–40° zu einer feinen, homogenen Masse verarbeitet. Will man leichtschmelzende, sogen. „Fondant"-Schokolade oder Milchschokolade herstellen, so mischt man noch Kakaobutter oder Trockenmilch zu.

Zur Herstellung von gewöhnlichem Kakaopulver wird die ungezuckerte, dickflüssige Kakaomasse durch Abpressen teilweise entfettet, so dass der zurückbleibende Kakao-Presskuchen noch etwa 24—33 oder weniger % Fett enthält und dann leicht gepulvert werden kann.

Um diesem Kakaopulver eine erhöhte Suspensionsfähigkeit zu verleihen, schliesst man den Kakao auf durch Behandeln mit Alkalien. Die Zellulose wird dadurch in einen Quellungszustand versetzt, so dass sie sich nach dem Aufgiessen mit kochendem Wasser weniger rasch absetzt. So erhält man den

„aufgeschlossenen" oder „löslichen" Kakao, der zuerst 1828 in Holland hergestellt wurde.

In Anbetracht der bedeutenden Rolle, welche die Kakaopräparate jetzt als Nahrungs- und Genussmittel spielen, sind in den meisten Kulturstaaten gesetzliche Normen bezüglich der Beschaffenheit dieser Produkte aufgestellt worden. In der Schweiz darf z. B. der Wassergehalt der Schokolade höchstens 7% (bei Milchschokolade 5%), der Zuckergehalt höchstens 68% betragen. Verdorbene, verfälschte und irreführend bezeichnete Präparate werden beanstandet. Als Verfälschungen gelten die verschiedensten Zusätze, besonders auch Kakaoschalenpulver, dessen Nachweis nur auf mikroskopischem Wege sicher geführt werden kann. (Autoreferat.)

In der Diskussion erkundigt sich Herr Friedländer, was mit den Keimen geschieht, die bei der Verarbeitung der Kakaobohnen ausgesondert werden. Der Vortragende erwähnt, dass sie für ganz billige Schokoladen Verwendung finden und den sandigen Geschmack verursachen. Herr Prof. Winterstein knüpft an die Behauptung an, die Fettsubstanz des Kakaos sei schwer verdaulich. Ein Grund dafür sei nicht ersichtlich. Man kenne leicht schmelzbare Fette, die schwer verdaulich sind, die aber nicht eine normale Zusammensetzung aufwiesen wie das Kakaofett.

Der Vorsitzende verdankt den Vortrag und die Kostprobe, die von der Versammlung mit grossem Beifall aufgenommen worden sind.

Protokoll der Sitzung vom 11. Februar 1918,

abends 7½ Uhr, auf der Schmidstube.

Vorsitzender: Prof. Dr. E. Bosshard. Anwesend: 83 Personen.

Traktanden:

1. Das Protokoll der letzten Sitzung wird genehmigt unter Verdankung an den Autoreferenten und den Sekretär.
2. Als neues Mitglied wird aufgenommen:
   Herr A. Schmutziger-Staeheli, Direktor der A.-G. Schmutziger & Co., Richterswil, Mühlebachstr. 174, Zürich 8, empfohlen durch Herrn Prof. Dr. R. Eder.
3. Vortrag von Herrn Prof. Dr. O. Zietzschmann:

Das Zehenendorgan der Säugetiere: Kralle, Nagel, Huf.

Alle Säugetiere und auch die niederen Wirbeltiere mit Ausnahme der Fische haben an ihren Zehenenden ein spezifisches Organ ausgebildet, das der Phalangenspitze eine besondere Widerstandsfähigkeit verleiht und nur den vollkommen dem Wasserleben angepassten Waltieren gänzlich fehlt. Das Organ tritt in drei Grundformen auf, als Kralle, Nagel und Huf: Kralle und Nagel bei Tieren des plantigraden und digitigraden Fussbaues, und Hufe beim unguligraden Typus. Die ursprüngliche Form der Hand und des Fusses ist die plantigrade. Und diese Form trägt Krallen; Krallen, die den Erdboden grabend oder scharrend bearbeiten, die greifend oder einkrallend an Gegenstände sich anheften, oder die endlich als Schneidwaffe ihre Funktion ausüben. Eine im Gefolge des Höherwerdens der Gliedmassen eventuell auftretende Digitigradie (also eine Aufrichtung bloss des Mittelfusses) hat auf das Organ keinen Einfluss: es bleibt als Kralle erhalten. Als solche besitzt es eine zwei-

teilige Horndüte mit dorsaler Platte und volarer Sohle, einen falzartigen Dorsalwall und einen Ballen, der mechanische und Tastfunktionen etwa in gleichem Grade ausübt.

Aus dieser Form des Phalangenendorganes haben sich in zwei Richtungen neue herausgebildet. In der einen Richtung ist der Nagel entstanden bei Tieren, welche ein spezifisches Baumleben entwickelten und welche dank einer Opponierbarkeit der ersten Zehe an Hand und Fuss Äste zu umgreifen in der Lage sind. Die Sohle hat sich reduziert und die als Keratingebilde im wesentlichen allein gebliebene Platte dient kaum noch zum Graben oder zu ähnlichen Manipulationen, sie funktioniert als Widerlager beim Greifen oder Abschwingen, während der vergrösserte Ballen (besonders an den Fingern) vorwiegend zum Tastorgan umgebildet erscheint. Und wir belegen ihn nun mit dem Namen Fingerbeere.

In der anderen Richtung hat sich aus der Kralle der Huf entwickelt bei Tieren, deren Fussknochen sich derart vollständig aufrichteten, dass sie bis auf das dritte Zehenglied dem Boden entzogen sind. Unter allgemeiner Verlängerung des Gliedmassenskelettes und unter Rückbildung der seitlichen Strahlen sind auf diese Weise schnellfüssige Tiere entstanden, deren Körperlast allein noch auf der Spitze der Phalangenreihe ruht. Und dieses freie Ende schützt nun ein allseitig und vollständig umfassender Hornschuh, der infolge Ausbildung eines festen Hornteiles auch von seiten des Ballens der Kralle gegenüber durch drei Hornelemente sich auszeichnet. Die Hufplatte hat sich mit der Zehenachse aufgerichtet und trägt selbst an der Last mit. Ihre Befestigung an der Unterlage ist durch besondere Hornblättchen gesteigert. Mit Hornsohle und Hornballen ist sie zu einer Einheit verschmolzen und der Ballen hat sich zu einem reinen Stossbrecher umgeformt.

Diese drei Typen des Phalangenendorganes sind ziemlich streng auf bestimmte Ordnungen der Säugetiere verteilt. Eine Kralle beobachtet man bei Sohlen- und Zehengängern und zwar bei Kloaken- und Beuteltieren, Insektenfressern, Fledermäusen, Zahnarmen, Nage- und Raubtieren. Ein Nagel kommt den baumbewohnenden Affen zu einschliesslich des Menschen. Und endlich konstatiert man einen Huf bei den Huftieren, soweit sie Spitzengänger sind. Daneben kommen aber bei diesen Gruppen selbständige Abweichungen im Phalangenendorgan zu Gesicht, die, hervorgerufen durch neue Lebensweise bezw. abgeänderte Fusstellung bei irgendeiner Spezies, zu dieser oder jener anderen Grundform des Endorganes hinneigten. Indessen bedeutet das nicht etwa phylogenetisch eine Brücke zu diesem neuen Typus. Es entstehen also unter dem Einfluss bestimmter neuer Aussenbedingungen Zwischenformen des Organs, die wohl ausserordentlich interessant sind, die als blosse Konvergenzerscheinung aber nichts über Abstammungsverhältnisse aussagen können. Und so kommen wir logischerweise zu dem — alten — Schlusse, dass das Phalangenendorgan für die Systematik der Säugetiere nur eine untergeordnete Rolle spielt. Gleiche Form des Phalangenendorganes bedeutet nur gleiche Beanspruchung des Fusses, aber noch lange nicht Verwandtschaft der Träger. Aus der Form des Organs aber lässt sich untrüglich ein Rückschluss auf die Lebensweise eines Tieres ziehen: Ex ungue leonem.

Will man das Zehenorgan vom vergleichenden Standpunkte aus betrachten, so darf man es nicht als blossen Hornkörper ansehen. Diese alte Anschauung, die heute noch hier und dort einen Verteidiger findet, ist nicht erschöpfend

und deshalb abzulehnen. Die Kralle ist vielmehr ein komplexes Ding, eine Bildung, die in erster Linie ein Hautorgan repräsentiert, eine Bildung aus allen Schichten des Integumentes: der gesamten Epidermis, des Corium und der Subkutis; ja sogar die Skelettgrundlage liefert einen wichtigen Bestandteil des anatomischen und physiologischen Ganzen, der besonders in paläontologischer Beziehung für die Beurteilung des Organes von Bedeutung ist als der einzige Teil, der von ausgestorbenen Formen bis auf unsere Tage sich erhalten hat. So wird aus dem Zehenendorgan ein topographischer Komplex, ganz analog z. B. einem der höheren Sinnesorgane. Wie etwa beim Auge oder Ohre hat man auch am Phalangenorgane zwischen Hauptteilen und Hilfsapparaten zu unterscheiden, die genetisch teilweise verschiedenen Keimblättern entstammen. Schon die alte histologische Definition eines Organes als einer gesetzmässigen und typischen Aneinanderlagerung von zwei oder mehreren Geweben zu einer anatomischen und physiologischen Einheit spricht grundsätzlich dagegen, nur das Horngebilde als Kralle auffassen zu dürfen. Bei solcher Definition würden ja die das Keratin produzierenden, protoplasmatischweichen Epidermiszellen der basalen Lagen — die Mutterelemente des Horns — vom Begriffe der Kralle auszuscheiden sein. Dann stünde aber ein solches „Organ" histologisch noch nicht einmal auf der Stufe eines Gewebes; es handelte sich vielmehr lediglich um ein Abscheidungsprodukt von Zellen, um eine körperliche Aneinanderlagerung von Zellabkömmlingen, die als Ganzes für sich etwas Lebendes nicht repräsentieren können. Fasst man aber das Organ weit, und behandelt man es als ein spezifisches Hautorgan mit seiner Knochengrundlage als Einheit, dann wird es möglich, alle Erscheinungsformen desselben in der Reihe der Säugetiere voll würdigen und auch verstehen zu können. (Autoreferat.)

In der Diskussion betont Herr Prof. Hescheler, dass die prächtigen Darlegungen des Vortragenden auch grosses Interesse für den Zoologen haben und empfiehlt diese Untersuchungen auszudehnen auf die Säugetiere des Tertiärs, von denen besonders gut erhaltene Skelette vorhanden sind. Ausserdem würden vergleichende Studien in den ersten Stadien der Ausbildung dieser Organe zu empfehlen sein.

Der Vorsitzende dankt dem Vortragenden herzlich für die schönen und anregenden Ausführungen, die durch eine grössere Zahl von Tafeln und Präparaten unterstützt wurden.

Der Vorsitzende weist noch auf die von der Botanischen Gesellschaft ergangene Einladung zum Besuche des Vortrages von Herrn Prof. Stoll hin und spricht der Botanischen Gesellschaft den Dank dafür aus.

Protokoll der Sitzung vom 25. Februar 1918,

abends 7½ Uhr, auf der Schmidstube.

Vorsitzender: Prof. Dr. E. Bosshard. Anwesend: 59 Personen.

Traktanden:

1. Die Gesellschaft hat durch den Tod verloren:
   Herrn Prof. Dr. Aug. Rothpletz, Mitglied seit 1880, der sich um die geologische Erforschung der Schweiz Verdienste erworben hat. Die Versammlung erhebt sich zu seinen Ehren.

2. Das Protokoll der letzten Sitzung wird genehmigt unter Verdankung an den Autoreferenten und den Sekretär.
3. Als neues Mitglied wird aufgenommen:
   Herr Privatdozent Dr. J. Brentano, Orellistrasse 70, Zürich 7, angemeldet durch Herrn Privatdozent D. Korda.
4. Vortrag von Herrn Privatdozent Dr. G. Steiner:

Skizzen aus der Biologie der Nematoden.

Wir kennen heute bereits über 50 verschiedene Nematodenspezies, die den Menschen infizieren; dabei sind eine grosse Zahl gelegentlicher Gäste noch gar nicht mitgezählt. Und bei den Tieren ist die Zahl dieser Parasiten Legion. Cobb glaubt, dass mindestens 80000 verschiedene Nematodenspezies allein die etwa 40000 verschiedenen Vertebratenspezies bewohnen, dann kommen dazu die so reich mit Nematoden infizierten Insekten, die Crustazeen und all die andern Tiergruppen bis hinunter zu den Vermes. Die Zahl der parasitisch in Tieren lebenden Nematoden muss ungeheuer gross sein. Weiter sind die parasitisch in und an Pflanzen lebenden Formen zu erwähnen. Diese sind freilich viel weniger beachtet worden als die tierischen Schädlinge. Doch wissen wir heute, dass allein der gemeine Gallwurm, die *Heterodera radicicola* mehrere 100 Pflanzenspezies befällt, darunter von unsern wichtigsten Kulturpflanzen wie Zuckerrohr, Bananen, Melonen, Gurken, Tomaten, Pfirsich- und Aprikosenbäume, Kaffeebäume, Orangen- und Zitronenbäume usw. usw. Seit langem ist die die sog. Rübenmüdigkeit des Bodens verursachende *Heterodera schachti* bekannt, die in Zuckerrübenfeldern in solcher Zahl vorkommen kann, dass sie das Wurzelwerk der Pflanzen über und über mit Gallen bedeckt, so dass der Ertrag gleich Null wird. Zahlreiche andere Nematoden sind ebenfalls ausgesprochene Pflanzenschädlinge.

Die Wissenschaft hat bis in die jüngste Zeit die ganze Nematodenklasse als eine ausgesprochen parasitisch lebende Tiergruppe taxiert. Dies ist völlig falsch. Der Zahl nach mögen diese Parasiten ein ungeheures Artenkontingent stellen; aber die freilebenden übertreffen sie noch bei weitem. Leider hat man dieselben bisher kaum beachtet und ihre auch rein wissenschaftliche Bedeutung völlig falsch eingeschätzt.

Freilebende Nematoden gibt es an allen nur denkbaren Örtlichkeiten. Die Erde, namentlich wo sie mit Pflanzenwuchs bedeckt ist, beherbergt auf kleinen Räumen Milliarden dieser Tiere. Pflanzenpolster aller Art, selbst der rote Schnee haben ihre Nematodenfauna. Auf dem Grunde unserer Gewässer ist ihre Zahl Legion. Essig, Kleister, als Bierglasuntersätze dienende Filze haben ihre spezifischen Nematodenarten. Vom Reichtum der Meere gar macht man sich keinen Begriff. Es wird noch Jahre, vielleicht Menschenalter dauern, bis die vorhandene Mannigfaltigkeit erschöpfend dargestellt sein wird.

Mit den Protozoen sind die Nematoden absolute Ubiquisten; sie haben sich jeden nur denkbaren Lebensraum erobert. Freilich sind sie nie Planktonten. Doch haben sie sich indirekt das freie Wasser auch als Lebensraum zu eigen gemacht, da sie als Bewohner von treibenden Algen- und Tangmassen weit draussen in den Ozeanen gefunden werden und indem sie als Parasiten pelagische Wesen aller Art infizieren.

Die Nematoden übertreffen auf unserer Erde an Arten- und Individuenzahl wohl jede andere Tiergruppe, ausgenommen höchstens die Protozoen.

Ihre Rolle im Haushalte der Natur muss eine ganz ungeheure sein, namentlich wenn wir noch die vielen ganz- und halbparasitisch an Tier und Pflanze lebenden Formen hinzunehmen.

Die Grösse dieser Tiere schwankt, was die freilebenden betrifft, zwischen $^{86}/_{1000}$ mm und etwa 30 mm; zahlreiche Parasiten werden auch noch bedeutend länger, bis 5 dm, ja bis 1 ½ m, doch erreicht die grosse Mehrzahl der Formen nur Längen von ½ mm bis 4 mm.

Auf die Ernährungsart der Entoparasiten kann nicht eingetreten werden; unter den freilebenden finden wir alle nur denkbaren Ernährungsmodifikationen; es gibt reine Vegetarier neben reinen Fleischfressern von ausgesprochenem Raubtiercharakter, Allesfresser neben Formen, die nur Spezialitäten geniessen und reinste Sonderlinge sind. Es gibt ausgesprochene Bakterienfresser, dann Fäulnisfresser, die jene durch Bakterien schon stark verflüssigte organische Substanz allem andern vorziehen, weiter z. B. ausgesprochene Diatomeenfresser und wieder Arten, die andere einzellige Algen geniessen wie der *Aphelenchus nivalis* die *Sphaerella nivalis*. Und so klein unsere Tiere sind, sie wagen sich an die grössten Pflanzen, denen sie im Wurzelwerk, aber auch im Blattwerk zusetzen. Die Zahl der Pflanzenfresser ist Legion, namentlich im Erdboden. Dahin gehören vor allem jene mit einem Mundstachel zum Aussaugen von Pflanzenzellen versehenen Formen, wie die *Dorylaimidae*, die *Tylenchidae* usw. Gross ist auch das Heer der Raubnematoden und da ist nun noch besonders hervorzuheben, dass diese sich vielfach ausgesprochen von andern, namentlich vegetarisch lebenden Nematoden ernähren und Jagd auf diese machen. Hierher gehört die im Meere so reich vertretene Familie der *Enoplidae*; für den Erdboden sei nur das grosse Genus *Mononchus* erwähnt.

Das Fressen ist meist ein Saugen, Einpumpen oder Herunterwürgen; die Mundbewaffnung dient nicht zum Kauen, sondern nur zum Ergreifen der Beute.

Bezüglich der Bewegungsart ist ein durch Hin- und Herpendeln der Körperenden in der Medianebene bewirktes Schwimmen am verbreitetsten und dieses Schwimmen ist auch die ursprünglichste Bewegungsart. Sekundär haben sich manche Formen auch das Kriechen angewöhnt, vielfach mit besondern Einrichtungen, wie die marinen *Desmoscoleciden*. Einige marine Arten, wie die *Chaetosomatiden* sind ausgesprochene Kletterer in submarinen Algenrasen usw.

Die Hauptsinnesorgane unserer Tiere sind die Kopfpapillen und Kopfborsten, die gewöhnlich radiär um den Mundeingang stehen. Es sind taktile Organe von meist recht kompliziertem Bau.

Weitere Sinnesorgane sind die sog. Seitenorgane, taschenförmige, kreisförmige, ovale, spiralige, becherförmige, furchenartige Bildungen jederseits lateral hinter dem Kopfende. Schon zur Strassen hat diese Organe vor 10 Jahren vermutungsweise als chemische Sinnesorgane angesprochen. Das Studium dieser Bildungen namentlich bei den *Mermithiden*, wo sie relativ gross sind, einer basalen Drüsenzelle aufsitzen und bestimmt Nerven-Endfasern erkennen lassen, bestätigt die Annahme zur Strassens. Vermutlich handelt es sich um eine Art Geschmacksorgan, das den Tieren Aufschluss gibt über den Chemismus der Aufenthaltsflüssigkeit.

Bei zahlreichen marinen, aber auch Süsswasserformen treffen wir auch Lichtsinnesorgane in Form von roten, gelben, grünen und schwarzen Pigmentflecken. Ja das Pigment kann massiert sein, kleine Becherchen bilden, denen vorn eine Linse aufsitzt.

Die Grosszahl der Nematoden ist zweigeschlechtig. Bezüglich des Baues der Männchen und der Art der Kopulation können wir zwei grosse Gruppen unterscheiden. Bei der ersten sind um die männliche Geschlechtsöffnung zwei membranöse, durch Rippen gestützte Hautfalten vorhanden, eine sog. Bursa copulatrix. Diese wird bei der Kopulation der weiblichen Geschlechtsöffnung einfach aufgelegt und dient zum Festhalten.

Bei der zweiten Gruppe von Nematoden fehlt diese Bursa; dafür sind vor und hinter dem After jederseits schiefe Muskeln angebracht, sog. Bursalmuskeln, bei deren Kontraktion das männliche Hinterende spiralig eingerollt wird. Bei der Kopulation wird das Weibchen vom Männchen mit dem Schwanzende in der Vulvargegend umrollt und festgehalten. Ausser dem oft kompliziert gebauten Spicularapparat (Begattungsstäbchen) kommen noch zahlreiche akzessorische Hülfsorgane vor, entweder mechanischer Art (Kittdrüsen, Haftscheiben, Saugnäpfe usw.) oder nervöser Art (Sinnesborsten und Sinnespapillen).

Das Verhältnis der Geschlechter ist numerisch sehr verschieden; es gibt Arten, wo auf 100 Weibchen bis 98 Männchen kommen, die Sexualziffer also 98 beträgt. Doch kann die Sexualziffer auch geringer sein und schliesslich Null erreichen. Da haben wir dann alle Übergänge vom reinen Gonochorismus (Zweigeschlechtigkeit) über den Hermaphroditismus zu reiner Parthenogenese. Es gibt die verschiedensten Stufen des Hermaphroditismus; meist ist er protandrischer Art; weiter kann er nur fakultativ sein. Schliesslich gibt es Arten, die sie nur noch hermaphroditisch vermehren, obgleich noch Männchen vorkommen. Diese sind aber ohne jeden sexuellen Instinkt.

In der individuellen Entwicklung machen die Nematoden, wie es scheint, durchgängig vier Häutungen durch; erst nach der letzten sind die Geschlechtsorgane voll ausgebildet. Einige Nematoden haben nun die Fähigkeit, nach der zweiten Häutung Dauerzysten, also Dauerlarven zu bilden, die in einigen Fällen bis 30 Jahre lebensfähig bleiben. Diese Zysten eignen sich äusserst gut zur Ausbreitung der Arten, sei es durch den Wind, das Wasser oder durch Mensch und Tier. Für den letztern Fall ist die *Rhaditis coarctata* besonders interessant, deren Zysten sich an die Mundgliedmassen und die Beine des *Aphodius fimetarius*, aber auch an *Dipterenlarven*, oft zu ganzen Bärten geordnet, festheften und namentlich durch den erstgenannten Käfer weit verbreitet werden.

(Autoreferat.)

Der Vorsitzende beglückwünscht den Vortragenden zu dem reichen Schatz von Ergebnissen seiner Forschungen und spricht ihm den Dank der Gesellschaft aus für den lehrreichen Vortrag.

Protokoll der Sitzung vom 11. März 1918,

abends 7½ Uhr, auf der Schmidstube.

Vorsitzender: Prof. Dr. E. Bosshard. Anwesend: 98 Personen.

Traktanden:

1. Das Protokoll der letzten Sitzung wird genehmigt unter Verdankung an den Autoreferenten und den Sekretär.
2. Die Gesellschaft hat am 4. März durch den Tod verloren:
   Herrn Dr. E. Keller, Arzt, Küsnacht. Die Anwesenden erheben sich zu seinen Ehren.

3. Als neue Mitglieder werden aufgenommen:

Herr Friedrich Steinfels, Apotheker, Wädenswil, empfohlen durch Herrn Dr. F. Felix;

Fräulein Mathilde M. Lange, cand. phil., Schönleinstr. 8, Zürich 7, empfohlen durch Frau Sophie Rotszajn;

Fräulein Doris Stadtmann, stud. med., Talstr. 25, Zürich 1, empfohlen durch Herrn Dr. M. Baumann-Naef.

4. Vortrag von Herrn Noll-Tobler:

Die Vogelwelt des Uznacherriedes.

In wenigen Worten schilderte der Vortragende zunächst das Gebiet, in welchem er seine Beobachtungen machte. Zwischen Walen- und Zürichsee dehnt sich eine etwa 35 km grosse Ebene aus, die durch die Anschwemmungen der Linth und ihrer Nebenflüsse entstanden ist. Nachdem vor 100 Jahren die Linth kanalisiert worden war, ist nach und nach das Land aus einem Sumpfland mehr ein Ried- und Streueland geworden. Nur im Kaltbrunnergebiete, wo alljährlich das Ried überwässert wird, um reichlicheren Streuertrag zu gewinnen, bestehen die Sumpfwiesenformationen noch, und hier haben auch die Sumpfvögel, die ehedem das Gebiet in grösserer Arten- und Individuenzahl bevölkerten, die letzten Brutplätze gefunden.

Besonders interessant ist das Gebiet zur Zugzeit, da dann viele fremde Vogelgäste anzutreffen sind. Auch sonst gibt der Vogelzug dem Beobachter viel zu raten auf.

An der Feldlerche (Alauda arvensis L.) und dem rotschenkligen Wasserläufer (Totanus totanus L.) zeigte der Vortragende, dass manche Vogelarten zu sehr regelmässigen Zeiten einrücken. Wettererscheinungen haben wenig Einfluss auf den Beginn des Zuges, können dagegen bewirken, dass die ziehenden Vögel sich nicht niederlassen und deshalb nicht bemerkt werden, sei es, dass Schnee die Erde deckt oder günstiges Zugswetter zum sofortigen Weiterreisen lockt. Den Hauptzügen gehen oft einzelne Tiere voraus, die manche als Kundschafter ansehen, was allerdings schwer zu beweisen sein dürfte.

Enten und Schnepfenvögel etc. reisen meist in Gesellschaft, Blaukehlchen (Erithacus cyaneculus Wolf), Steinschmätzer (Saxicola oenanthe L.) u. a. einzeln oder in lockerem Verbande. Da aber viele Vögel nachts reisen, ist es schwer, sicher festzustellen, ob sie gemeinschaftlich oder einzeln ziehen. Was die Zugsrichtung anbetrifft, so konnte beobachtet werden, dass manche Vögel unsre Gegend von W. nach O. durchziehen, nicht von S. nach N., wie sonst oft angenommen wird.

Nachdem anfangs April das Gebiet überwässert ist, trennen sich die verschiedenen Gattungen und Arten nach ihren Lieblingsaufenthalten, die naturgemäss dem Körperbau der Tiere zusagen müssen. Die Schwimmvögel beleben die Teiche und Rohrsümpfe, die Schnepfenarten die Sumpfwiesen. Aber darüber hinaus gibt es innerhalb dieser Pflanzenvereine Stellen, die ganz besonders beliebt sind und immer wieder bezogen werden, auch wenn die bisherigen Insassen ums Leben kamen. Der Grund hiefür ist unsern Sinnen nicht wahrnehmbar.

Mitte April beginnen viele Sumpfvögel zu brüten, während ihre Kameraden noch ziehen (z. B. Kibitz). Der eigentlichen Brutpflege geht die Balzzeit, die

Werbezeit der Männchen voraus. Jede Vogelart rückt dabei diejenigen Körpervorzüge ins beste Licht, die zum Nahrungserwerb besonders günstig sind oder dem Männchen als sekundäre Geschlechtsmerkmale eigen sind. Die Lerche wirbt mit dem Gesang, der Brachvogel durch Gesang und Flugkünste, der Kibitz mit seines Gefieders Pracht. Ausserdem erzeugt er mit den Flügeln besondere Geräusche, das sog. Wuchten. In diesem „Fluggesang" ist die Bekassine Meister, die die Flügel so stellt, dass beim Niederfliegen ein meckerndes Geräusch entsteht; daher der Volksname Himmelsziege.

Etwa 80 Lichtbilder, die von Photographien des Vortragenden hergestellt wurden, veranschaulichten die Brutpflege etc. einer Anzahl Sumpfvögel. Aufnahmen von Nest, Eiern, jungen und alten Brachvögeln (Numenius arcuatus Cuv.) und rotschenkligen Wasserläufern (Totanus totanus L.) zeigten, wie gleiche Lebensbedingungen ähnliche Färbung der Eier, Jungen und Alten unter sich und gegenüber der andern Art hervorrufen können. Die Ursache dieser Übereinstimmung könnte auch in der Verwandtschaft der beiden Arten gesucht werden. Immerhin zeigt die Bekassine (Gallinago gallinago L.) trotz eben so naher Verwandtschaft andere Dunenkleidfärbung.

Bilder der Lachmöve (Larus ridibundus L.) zeigten, wie verschiedener Aufenthalt in Kindheit und Alter verschiedene Färbung bewirken kann: Eier und Junge glichen denjenigen des Brachvogels; die Alten sind weiss.

Die Aufnahmen von Rallenvögeln (Fulica atra L., Rallus aquaticus L., Gallinula pygmea Naum. und porzana L.) zeigten in ihrer Färbung keine Anpassung ans Sumpfleben. Diese Vögel haben die Gewohnheit, die Grashalme so dicht über sich zu wölben, dass sie von oben nicht gesehen werden. Die Jungen sind schwarz.

Stockenten (Anas boschas L.) und Zwergtaucher (Podiceps minor L.) endlich haben weisse Eier, sie fallen also sehr auf. Beide Vogelarten haben aber den Trieb, die Eier beim Verlassen des Geleges zu bedecken.

Die Jungen all dieser Arten sind Nestflüchter und verlassen ihr Heim oft wenige Stunden nach dem Ausschlüpfen für immer. Einige aber benützen (wie z. B. Wasserhühner und Möven) das Nest noch längere Zeit als Ruheplätzchen.

Eine eigentümliche Gruppe von Sumpfvögeln sind die Rohrsänger (Acrocephalus arundinaceus L., streperus Vieill., und palustris Bechst.), deren kunstvolle Nester an die Halme geflochten, im Bilde erschienen.

An der Zwergrohrdommel (Ardetta minuta L.) konnten die interessanten Schutzstellungen, die aber rein instinktiv sind, betrachtet werden.

Zum Schlusse betonte der Vortragende, dass es ihm vor allem daran gelegen habe, die Brutpflege und Anpassung der Sumpfvögel an ihre Umgebung darzulegen, da diese auch am ehesten im Bilde zu zeigen sei. Vieles wäre noch zu sagen über Lautäusserungen, Nahrungsaufnahme, Federwechsel etc. Er gab der Hoffnung Ausdruck, dass die Zuhörer überzeugt seien, dass so viel Schönheit wohl der Erhaltung wert wäre und teilte mit, was bis jetzt in dieser Hinsicht von seiten der naturforschenden Gesellschaft St. Gallen und der schweiz. ornithologischen Gesellschaft geschehen ist. Einige Landschaftsbilder schlossen den Vortrag ab. (Autoreferat.)

Der Vorsitzende dankt für den begeisterten und ausserordentlich reichhaltigen Vortrag und fügt dessen Schluss den Wunsch an, dass das eigenartige

Gebiet in seiner Ursprünglichkeit erhalten bleibe, was für die Naturschutzkommission eine dankbare Aufgabe bilde.

Prof. Schröter, Mitglied der Naturschutzkommission, teilt mit, es bestehe das Projekt, die ganze Linthebene, 1400 ha., zu kultivieren und Herr Kulturingenieur Girsberger habe versprochen, Teile dieses Gebietes unberührt zu erhalten. An die Präsidenten sämtlicher kantonaler naturforschenden Gesellschaften wurde ein Zirkular gesandt, um deren Aufmerksamkeit auf die immer mehr der Kultur unterworfenen Moor- und Seegebiete der Schweiz zu lenken mit dem Resultat, dass 14 solcher Gebiete als Reservationen vorgesehen sind.

Der Sekretär: Dr. A. Kienast.

Zweiter Teil

Sitzungsberichte

Sitzungsberichte von 1918.

Protokoll der Hauptversammlung vom 25. Mai 1918

nachmittags 6 1/2 Uhr, auf der Schmidstube.

Vorsitzender: Prof. Dr. E. Bosshard.

Anwesend: 24 Personen für Traktanden 1—11, 29 Personen für Traktandum 12, 63 Personen für Traktandum 13.

1. Die Gesellschaft hat durch den Tod verloren:
   am 7. April 1918 Herrn Walter Baumann,
   „ 28. „ 1918 „ Dr. h. c. Cäsar Schöller,
   „ 1. Mai 1918 „ Prof. Dr. med. Oscar Wyss,
   „ 20. „ 1918 „ Apotheker Fried. Steinfels.
   Die Anwesenden erheben sich zu ihren Ehren.
2. Das Protokoll der letzten Sitzung wird genehmigt unter Verdankung an den Autoreferenten und den Sekretär.
3. Als neue Mitglieder werden aufgenommen:
   Herr Dr. Schnorf, Tierarzt, Bergstrasse 3, Zürich 7, empfohlen durch die Herren Prof. Dr. W. Frei und a. Prof. Dr. A. Heim.
   Herr Dr. Minder, Adjunkt des Stadtchemikers, Schaffhauserstr. 76, Zürich 6, empfohlen durch Herrn Prof. Dr. C. Schröter.
   Herr Dr. H. H. Escher, Zederstrasse 14, Zürich 7, empfohlen durch Herrn Dr. E. Rübel.
   Herr Hans Schuppli, cand. phil., Blumenweg 15, Zürich 8, empfohlen durch Herrn Dr. R. Staub.
   Herr Dr. H. Rehsteiner, Präsident der St. Gallischen Naturwissenschaftl. Gesellschaft, Eschenstr. 1, St. Gallen, empfohlen durch Herrn Dr. E. Rübel.
   Herr Samuel Ed. Dubuis, Tierarzt, Letzisteig 1, Zürich 6, empfohlen durch Herrn Prof. Dr. W. Frei.
   Herr Dr. Hans Heusser, Oberassistent am kant. Tierspital, Muggenbühl, Zürich 2, empfohlen durch Herrn Prof. Dr. W. Frei.
4. Rechnung und Voranschlag für 1918 werden auf Antrag der Rechnungsrevisoren genehmigt unter bester Verdankung an den Quästor.
5. Der Bericht des Sekretärs wird unter Verdankung genehmigt.
6. Der Bericht des Redaktors wird mit Verdankung genehmigt.
7. Wahlen des Vorstandes. Es werden einstimmig gewählt:
   als Präsident 1918—20 Privatdozent Dr. E. Rübel,
   „ Vizepräsident 1918—20 Prof. Dr. W. Frei,
   „ Sekretär 1918—24 Dr. A. Kienast,
   „ Redaktor 1918—24 Prof. Dr. Hans Schinz,
   „ Beisitzer 1918—20 Rektor der E. T. H. Prof. Dr. E. Bosshard,
   „ „ 1918—20 Dr. Arnold Heim,
   „ „ 1918—20 Prof. Dr. O. Schlaginhaufen.

Quästor und Vertreter in der Kommission der Zentralbibliothek fallen dies Jahr nicht in Wiederwahl.

8. Als Rechnungsrevisoren für 1918—20 werden gewählt:
   Wilh. Kummer-Weber,
   Albert Bommer, Apotheker.
9. Als Delegierte an die Jahresversammlung der Schweiz. Naturforschenden Gesellschaft vom 7.—10. September in Lugano werden gewählt:
   Dr. E. Rübel und Prof. Dr. W. Frei.
10. Der Vorstand beantragt einstimmig, Herrn Professor Schröter das Gesuch zur Aussetzung von 500 Fr. zur botanischen Erforschung des Nationalparkes zu bewilligen. Zur Begründung verweist der Vorsitzende auf § 1, s der Statuten, wonach die Unterstützung derartiger Forschungen zu den Zwecken der Gesellschaft zu rechnen ist. Er führt aus, dass hier der Gesellschaft Gelegenheit gegeben sei, ihrer Dankbarkeit für die glanzvolle Durchführung der Jahresversammlung 1917 der S. N. G. durch Herrn Prof. Schröter Ausdruck zu geben. Dr. Rübel befürwortet warm die Bewilligung des Gesuches und teilt folgende Zusammenstellung mit derjenigen „naturwissenschaftlichen Forschungen", die von der Gesellschaft seit ihrem Bestehen nach § 1, s der Statuten „unterstützt" wurden:

    1752 Expedition Mylius nach Nord- und Südamerika.
    1763 Botanische und entomologische Expedition Hs. Casp. Füssli nach Graubünden und ins Veltlin.
    1805 300 fl. an Leonh. Keller zu einem Studienaufenthalt in Göttingen.
    1824 300 fl. an Gottfr. v. Escher zu einem Studienaufenthalt im Ausland.
    1834 Erwerb von Naturgegenständen auf Sumatra durch Ludwig Horner.

    Die Versammlung heisst den Antrag einstimmig gut, was Prof. Schröter verdankt. Nach Zufügung einiger sachlicher Erläuterungen schliesst er mit dem vom Vorsitzenden schon geäusserten Wunsch, die Bewilligung des Gesuches möge für andere Gesellschaften Beispiel und Ansporn sein, ähnliche Unterstützungen zu gewähren.
11. Der Vorsitzende gibt Kenntnis von den Antwortschreiben der h. Regierung, des Stadtrates, des Direktors der Zentralbibliothek, die alle verhindert sind, an gegenwärtiger Versammlung teilzunehmen.
12. Um 7 Uhr findet das Abendessen statt.
13. Vortrag des Herrn Prof. Dr. Fritz Medicus:

Naturforschung und Philosophie.

Das für die neuere Philosophie sehr wichtige Problem der Realität der Aussenwelt ist Ausdruck der inneren Fremdheit gegenüber der Natur. Für die in der Renaissancezeit noch mächtige (wenn auch nicht mehr alleinherrschende) Naturmystik gab es noch keine eigentliche Aussenwelt: der Mensch erlebte sich in Einheit mit der Welt, als „Mikrokosmus". Im Himmel und auf Erden, sagt Paracelsus, findet der Philosoph nichts anderes, als was er im Menschen auch findet. — Seit Descartes ist das menschliche Wissen auf sich selbst zurückgeworfen. Die Subjektivität steht dem ihr innerlich fremden Dasein gegenüber, dessen „Gegenständlichkeit" sie in Hypothesen zu ergreifen sucht. Hypothesen sind Sätze, die zwar begründet, aber nicht zureichend begründet sind; sie sind nicht von selbstgewisser Wahrheit erfüllt, sondern ihre

Bedeutung liegt darin, dass sie bestimmten in der Geschichte des Wissens hervorgetretenen Schwierigkeiten begegnen.

Doch hat die Einheit des erkennenden Subjekts mit dem objektiven Dasein nicht alle Bedeutung verloren: sie macht sich geltend in der Philosophie (die mehr ist als bloss Erkenntnistheorie). Und philosophische Überzeugungen erweisen sich in der Naturforschung fruchtbar, indem sie, selbst im Gegensatz zu angeblich sicheren Erfahrungstatsachen, zu grundsätzlich neuen Erkenntnissen treiben (Goethes Entdeckung des Zwischenkieferknochens; Robert Mayers Entdeckung des mechanischen Äquivalents der Wärme).

Die Rechtfertigung neuer wissenschaftlicher Grundsätze liegt in ihrer Macht, Aufgaben zu lösen und damit das Leben der Wissenschaft weiter zu leiten. Die Vorwegnahme des Erhaltungsprinzips durch Demokrit odes des Selektionsgedankens durch Empedokles waren geistreiche Einfälle. Ihre Berechtigung, ihr Wahrheitswert musste problematisch bleiben, bis eine Zeit kam, in der es Aufgaben für sie zu lösen gab: die Wahrheit eines wissenschaftlichen Erkenntnisprinzips ist seine notwendige Zugehörigkeit zu der (jederzeit historisch bedingten) wissenschaftlichen Kultur.

Kultur ist nichts „Gegenständliches"; sie ist eine Angelegenheit unmittelbaren Lebens. In der Naturforschung ist nur das hypothetisch, was sich auf das Gegenständliche als solches bezieht; nicht hypothetisch aber ist, was sie zu einem notwendigen Inhalt des Kulturlebens macht. — Jede Hypothese setzt ein bestimmt geartetes Kulturleben voraus: dieses begründet die Rechtmässigkeit ihres Erkenntniszieles.

Der Kulturgehalt der naturwissenschaftlichen Lehren ist (nicht die Vermehrung des gegenständlichen Wissens, sondern) das, was sie leisten, um die Natur unserm Erleben nahe zu bringen. In den Zusammenhängen des Kulturlebens bedarf es zwar der Vergegenständlichung, der Entfremdung; doch für die lebendige Kultur ist die Vergegenständlichung blosses Mittel.

In der Philosophie gibt sich die Kultur Rechenschaft über sich selbst: sie ist also auch Besinnung auf den Kulturgehalt der Naturforschung. Doch muss solche philosophische Besinnung auch innerhalb der naturwissenschaftlichen Arbeit überall da geschehen, wo es sich darum handelt, die grundsätzlichen Ziele höher zu stecken: die Gewissheit, einen solchen Schritt vorwärts tun zu dürfen, ja tun zu müssen, ist eine philosophische Gewissheit.

(Autoreferat.)

Der Vorsitzende verdankt dem Vortragenden den gehaltvollen Vortrag und einige Bemerkungen von Prof. Stodola, die an einen früheren Rathausvortrag von Prof. Medicus anschliessen, klingen aus in Dankbarkeit für die vom Vortragenden ausgesprochenen Ideen.

Der Sekretär: Dr. A. Kienast.

Bericht des Quästors
über die
Rechnung der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich
für das Jahr 1917.

A. Betriebsrechnung.

Einnahmen:

Mitgliederbeiträge	Fr.	7,694. —
Neujahrsblätter	„	350. 35
Vierteljahrsschrift	„	140. 60
Geschenke	„	32. 20
Beiträge von Behörden und Gesellschaften	„	3,700. —
Zinsen	„	4,345. 75
	Fr.	16,262. 90

Ausgaben:

Neujahrsblatt	Fr.	926. —
Vierteljahrsschrift	„	8,172. 16
Miete	„	331. —
Personalausgaben	„	825. —
Verwaltung	„	980. 15
Diverse	„	2,030. 50
	Fr.	13,264. 81

Abschluss.

Total der Einnahmen	Fr.	16,262. 90
Total der Ausgaben	„	13,264. 81
Vorschlag der Betriebsrechnung	Fr.	2,998. 09

B. Kapitalrechnung.

Einnahmen.

Saldo letzter Rechnung	Fr.	10,147. 56
Zinsen	„	748. 75
Übertrag von Stammgutrechnung	„	3,597. —
Übertrag von Betriebsrechnung	„	2,998. 09
Versicherungsfonds	„	1,039. 50
	Fr.	18,530. 90

Ausgaben.

Übertrag auf Betriebsrechnung (Zinsen)	Fr.	4,345. 75

Abschluss.

Total der Einnahmen	Fr.	18,530. 90
Total der Ausgaben	„	4,345. 75
Saldo der Kapitalrechnung	Fr.	14,185. 15

Saldo der Kapitalrechnung am 31. Dez. 1916	Fr.	10,147. 56
Saldo der Kapitalrechnung am 31. Dez. 1917	„	14,185. 15
Vorschlag der Kapitalrechnung	Fr.	4,037. 59

C. Stammgutrechnung.

Einnahmen.

Saldo letzter Rechnung	Fr. 70,000. —
Zinsen	„ 3,597. —
	Fr. 73,597. —

Ausgaben.

Übertrag auf Kapitalrechnung . . .	Fr. 3,597. —

Abschluss.

Total der Einnahmen	Fr. 73,597. —
Total der Ausgaben	„ 3,597. —
Saldo der Stammgutrechnung	Fr. 70,000. —

Vermögen der Gesellschaft.

1. Anlagen und Barschaft.

Saldo der Stammgutrechnung (unantastbar) .	Fr. 70,000. —
Saldo der Kapitalrechnung (disponibel) .	„ 14,185. 15
	Fr. 84,185. 15

2. Erratische Blöcke.

a) Erratischer Block, Speerfindling, in Ringwil-Hinwil, erworben um Fr. 29.— laut Kaufbrief vom 5. Juni 1872.

b) Erratischer Block, Sernifit, Rötelstein genannt, beim Hof Rotenfluh in Oberembrach, erworben um Fr. 36.— laut Auszug aus dem Grundprotokoll Embrach, Notariat Kloten, 22. Juni 1869 und Abtretungsvertrag vom 29. Dezember 1883.

c) Erratischer Block, Alpenschiefer, in Wald, Kt. Zürich, erworben um Fr. 20.— laut Kaufbrief Notariat Wald, 10. Oktober 1872.

d) Erratischer Block in der Wolfsgrube Wald, Kt. Zürich, erworben laut Schenkungsurkunde vom 3. Juli 1869, Notariat Wald.

3. Druckschriften.

Verschiedene Druckschriften in ca. 37,100 Exemplaren, laut detailliertem Verzeichnis des Herrn Druckschriftenverwalters der Gesellschaft, in Verwahrung und Verwaltung der Zentralbibliothek und der Buchhandlung Beer & Co.

Die Betriebsrechnung zeigt gegenüber dem Budget, das einen Rückschlag von Fr. 5,100.— voraussah, einen Vorschlag von Fr. 2,998. 09, somit ein Besserresultat von Fr. 8,098. 09. An dieser Besserstellung partizipieren

mit Mehreinnahmen:

Jahresbeiträge	Fr.	394. —
Neujahrsblätter	„	—. 35
Geschenke	„	32. 20
Beitrag des Hochschulvereins	„	1,000. —
Zinsen	„	345. 75
Übertrag	Fr.	1,772. 30

	Übertrag	Fr. 1,772.30
und mit Minderausgaben:		
Neujahrsblatt	„	574.—
Vierteljahrsschrift	„	1,977.84
Personalausgaben	„	75.—
Verwaltung	„	419.85
Diverse	„	3,469.50
		Fr. 8,288.49
denen gegenüberstehen:		
Mindereinnahme aus Vierteljahrsschriften	Fr. 9.40	
Mehrausgabe für Miete	„ 181.—	„ 190.40
		Fr. 8,098.09

Wie schon im Bericht zum Budget für 1917 bemerkt, war dieses etwas pessimistisch aufgestellt in Anbetracht der Überraschungen, die den Finanzen der Gesellschaft aus der Übernahme der Jahresversammlung der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft hätten erwachsen können. Diese Überraschungen blieben dann glücklicherweise der Gesellschaft erspart, indem sich die Auslagen für die Jahresversammlung auf nur Fr. 1,314.05, statt budgetierter Fr. 5,000.— beliefen. Zudem stellt sich, dank der Vorsicht des Herrn Redaktors der Vierteljahrsschrift, die Ausgabe für diese um gegen Fr. 2,000.— niedriger; auch in den Kosten für das Neujahrsblatt macht sich für die Finanzen der Gesellschaft das Budgetgewissen des Herrn Redaktors in einer Minderausgabe von Fr. 574.— recht wohltuend bemerkbar. Im Budget nicht vorausgesehen war sodann der Beitrag von Fr. 1,000.— des Hochschulvereins.

Die Kapitalrechnung weist einen Vorschlag aus von Fr. 4,037.59, der sich zusammensetzt aus dem auf Kapitalrechnung übertragenen Vorschlag der Betriebsrechnung und dem Saldo des Fonds für eine zukünftige Rentenversicherung von Abwart Koch.

Die Stammgutrechnung ist mit Fr. 70,000.— Kapital unverändert.

Budget für das Jahr 1918.

Einnahmen:

Mitgliederbeiträge	Fr.	7,900.—
Neujahrsblätter	„	350.—
Vierteljahrsschriften	„	150.—
Geschenke	„	—.—
Beiträge von Behörden und Gesellschaften	„	2,700.—
Zinsen	„	4,300.—
	Fr.	15,400.—
Rückschlag	„	800.—
	Fr.	16,200.—

Ausgaben:

Neujahrsblatt, wissenschaftlicher Teil	Fr.	1,000.—	
„ Spedition und Spesen	„	100.—	Fr. 1,100.—
Übertrag			Fr. 1,100.—

	Übertrag		Fr. 1,100. —
Vierteljahrsschrift wissenschaftlicher Teil . .	Fr. 10,400. —		
„ Sitzungsberichte . . .	„ 900. —		
„ Spedition und Spesen . .	„ 400. —	„ 11,700. —	
Miete		„ 500. —	
Personalausgaben		„ 900. —	
Verwaltung Bureaumaterial	Fr. 200. —		
„ Drucksachen und Inserate . . .	„ 150. —		
„ Sitzungseinladungen	„ 700. —		
„ Porti und Spesen	„ 350. —		
„ Verschiedenes	„ 100. —	„ 1,500. —	
Diverse		„ 500. —	
		Fr. 16,200. —	

Leider kann vom Budget pro 1918 nicht behauptet werden, dass es pessimistisch aufgestellt sei; eher das Gegenteil ist der Fall. Die alle Zweige des Wirtschaftslebens berührende Teuerung macht sich auch für die Naturforschende Gesellschaft in Zürich recht schmerzlich fühlbar. Da die Ausgaben kaum stark reduziert werden können, ist es Sache jedes einzelnen Mitgliedes, durch rege Werbetätigkeit unsern Mitgliederbestand zu vergrössern, um so das Budget wenigstens in den Einnahmen zu verbessern.

Zürich, den 29. April 1918. Der Quästor: Dr. M. Baumann-Naef.

Revisorenbericht.

Die unterzeichneten Revisoren haben, gestützt auf den an der Hauptversammlung vom 8. Mai 1916 und an der ausserordentlichen Generalversammlung vom 12. November 1917 erhaltenen Auftrag, die ihnen vom Quästor vorgelegte Buch- und Kassaführung unserer Gesellschaft eingehend geprüft und in allen Teilen richtig befunden. Die Prüfung erstreckte sich auch auf die in der Jahresrechnung gegebene Vermögensaufstellung der Gesellschaft, deren Richtigkeit an Hand des Depositenscheins der Zürcher Kantonalbank und der 3 Einlagehefte, 2 Stück Schweiz. Kreditanstalt und 1 Stück A.-G. Leu & Co. Zürich, durch die Unterzeichneten konstatiert wurde.

Die Revisoren haben sich auch dieses Jahr überzeugt, dass die Rechnungsführung unseres Quästors alles Lob verdient und sie beantragen, ihm und dem Vorstand die Jahresrechnung pro 1917 unter besonderer Verdankung der vorzüglich und uneigennützig geleisteten Dienste zu genehmigen und Entlastung zu erteilen.

Zürich, den 7. März 1918.

Die Revisoren: Dr. Bircher, W. Kummer-Weber.

Bericht des Sekretärs
über die
wissenschaftliche Tätigkeit und den Bestand der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich 1917/18.

Im Berichtsjahre haben 10 Sitzungen stattgefunden, die im Durchschnitt von 93 Personen besucht waren. In diesen Sitzungen sind folgende Vorträge gehalten worden:

1. Prof. Dr. A. Piccard: Die Radioaktivität und die isotopen Elemente (mit Vorführungen).
2. Dr. Emil Ott: Unsere Gaswerke in der Kriegszeit.
3. Dr. William D. Treadwell: Von neueren Anschauungen auf dem Gebiet der Atomistik.
4. Dr. Konrad Bretscher: Der Gesang der Vögel.
5. Dr. W. J. Baragiola: Der Wein, als Gegenstand der Forschung.
6. Prof. Dr. R. Eder: Über Kakao und Schokolade.
7. Prof. Dr. O. Zietzschmann: Das Zehenendorgan der Säugetiere: Kralle, Nagel, Huf.
8. Dr. G. Steiner: Skizzen aus der Biologie der Nematoden. Mit Lichtbildern.
9. Herr Noll-Tobler: Die Vogelwelt des Uznacherriedes. Mit Lichtbildern.
10. Prof. Dr. F. Medicus: Naturforschung und Philosophie.

Exkursionen:

Am 20. Mai 1917 wurde gemeinsam mit der Naturwissenschaftlichen Gesellschaft Winterthur eine Exkursion ausgeführt nach Glattfelden, Rheinsfelden und Eglisau. Geologische Führung durch Dr. J. Hug; wirtschaftliche Mitteilungen durch Prof. Dr. H. C. Schellenberg; Mitteilungen über Gottfried Kellers Heimat Glattfelden durch Prof. Dr. E. Ermatinger; botanische Mitteilungen durch Prof. Dr. C. Schröter, Prof. Dr. M. Rikli, Dr. K. Heusser; Führung durch das Elektrizitätswerk Rheinsfelden durch Prof. Dr. W. Wyssling und Prof. G. Narutowicz.

Am 16. Februar 1918 fand die Besichtigung der Telephonzentrale Hottingen statt. Führung durch die Herren Ingenieur Schild und Hotz von der eidg. Telephonverwaltung.

Vorstandssitzungen:

Der Vorstand trat 4 mal zu einer Sitzung zusammen. Aus den behandelten Geschäften seien erwähnt: Beschluss über einen neuen Verlagsvertrag und über ein neues Format der Vierteljahrsschrift.

Mitgliederbestand:

Seit dem letzten Bericht sind folgende Mitglieder gestorben:

26. 4. 1917. Hermann Huber, Ingenieur.
5. 17. Dr. M. Wolff.
3. 8. 17. Geheimrat Prof. Dr. G. Frobenius, Ehrenmitglied.
27. 9. 17. Karl Seelig.
12. 10. 17. W. A. Keller, Geologe.
4. 11. 17. C. W. Denzler, Ingenieur.
11. 11. 17. E. Bissegger.
23. 11. 17. Privat-Doz. Dr. med. Karl Stäubli.
12. 17. Fritz Meyer-Fierz.
2. 1918. Prof. Dr. Aug. Rothpletz.
4. 3. 18. Dr. med. E. Keller.
7. 4. 18. Walter Baumann.
28. 4. 18. Dr. h. c. Cäsar Schöller.
1. 5. 18. Prof. Dr. med. Oscar Wyss.

Den Austritt erklärt haben 9 Mitglieder.
Neu aufgenommen wurden seit dem letzten Bericht 31 Mitglieder.
Am 31. Dezember 1917 zählte die Gesellschaft

13 Ehrenmitglieder,
4 Korrespondierende Mitglieder,
440 Ordentliche Mitglieder,
23 Freie ausländische Mitglieder.

Zürich, 9. Mai 1918. Der Sekretär: Dr. A. Kienast-Steffen.

Bericht des Redaktors.

Der 62. Jahrgang der Vierteljahrsschrift unserer Naturforschenden Gesellschaft umfasst LV und 728 Seiten. Das erste Doppelheft ist am 9. September 1917, das zweite Doppelheft am 31. Dezember 1917 ausgegeben worden. Doppelheft 1 ist als Festschrift den Teilnehmern an der Jahresversammlung der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft, 9.—12. September 1917 eingehändigt worden. Der Redaktor der Vierteljahrsschrift hat sich zu dessen Herstellung der Mitwirkung einer Kommission erfreut, bestehend aus den Herren Prof. Dr. Karl Egli, Dr. Arnold Heim, Prof. Dr. Karl Hescheler, Prof. Dr. F. Rudio, Direktor Dr. G. Schärtlin, Prof. Dr. Hans Wehrli, dem Präsidenten des Organisationskomitees Prof. Dr. C. Schröter.

Der Festband wurde eingeleitet durch ein vom Redaktor verfasstes „Weggeleit" und eine 48 Seiten und ein Lichtdruckbild (Bildnis von Paul Usteri) umfassende Arbeit der Herren Professoren W. Oechsli und C. Schröter, betitelt: Paul Usteri als Staatsmann (Oechsli) und Usteris Bedeutung für die Naturwissenschaft und für die Schweizerische Naturforschende Gesellschaft (Schröter). Im übrigen enthält der Festband 37 Publikationen mit 33 Textfiguren und 15 Tafeln, die sich wie folgt auf die verschiedenen Disziplinen verteilen: Mathematik 8, Physik 2, Meteorologie 1, Seismologie 1, Chemie 2, Botanik 8, Bakteriologie und Hygiene 2, Zoologie und vergleichende Anatomie 4, Hydrobiologie 1, Geologie 3, Mineralogie 1, Palæontologie 1, Anthropologie 1, Medizin 2. Hinsichtlich der gehaltvollen Studie von Professor W. Oechsli sei darauf hingewiesen, dass der Autor derselben diese dann in der Folge noch ergänzt hat durch seine im Neujahrsblatt der Zentralbibliothek in Zürich auf das Jahr 1918, Nr. 3, erschienene Publikation „Aus dem Briefwechsel Paul Usteris mit Naturforschern und Medizinern". Die Tafeln und Textklischees dieses Festbandes sind zum Teil von den Autoren geschenkt, zum grössern Teil auf Kosten der Gesellschaft hergestellt worden.

Das zweite Doppelheft desselben Jahrganges, mit 9 Textbildern, enthält eine Abhandlung mathematischen Charakters, vier aus dem Gebiete der Botanik und eine geologische Studie, ausserdem „Notizen zur schweizerischen Kulturgeschichte" von Ferdinand Rudio und Carl Schröter (Die Eulerausgabe [Fortsetzung], 9 Nekrologe, Nachtrag [Publikationsliste] zum Nekrolog von Frl. Dr. L. Hezner † [vergl. Jahrgang 61, 1916 der Vierteljahrsschrift, pag. 742], Sitzungsberichte [inkl. Exkursionsbericht Glattfelden-Rheinsfelden-Eglisau] und das am 31. Dezember 1917 abgeschlossene Mitgliederverzeichnis).

Der Redaktor hat des weitern, mit Unterstützung von Herrn Prof. Dr. Karl Egli, im Auftrage unserer Gesellschaft auf den Anlass der Jahresver-

sammlung der Schweiz. Naturf. Gesellschaft hin, einen 63 Seiten, eine Lichtdrucktafel und eine Karte umfassenden „Führer durch die naturwissenschaftlichen und medizinischen Anstalten, Institute, Kliniken, Sammlungen und Bibliotheken Zürichs, sowie durch einige naturwissenschaftlich interessante Werke und Einrichtungen der Stadt Zürich" (Druck und Verlag von Zürcher & Furrer in Zürich) herausgegeben.

Das Neujahrsblatt der Naturforschenden Gesellschaft, 120. Stück, auf das Jahr 1918, wurde von Herrn Prof. Dr. U. Grubenmann verfasst und ist betitelt: Dr. David Friedrich Wiser (1802—1878), Lebensbild eines Züricher Mineralogen. Es zählt 23 Seiten, ein Titelbild und drei Textbilder.

Mit der Buchhandlung Beer & Co. in Zürich, die sowohl Vierteljahrsschrift wie die Neujahrsblätter im Kommissionsverlag hat, wurde ein neuer Kommissionsvertrag (17. X. 17) abgeschlossen und es wurden hiebei namentlich die Verkaufspreise der Vierteljahrsschriftbände einer Revision unterworfen. Des weitern sah sich die Redaktion gezwungen, dem Vorstande eine leichte Änderung des Satzspiegels der Vierteljahrsschrift zu belieben, veranlasst durch die Schwierigkeiten, jederzeit genügend Papier alten Formates, das für unsere Vierteljahrsschrift jeweilen besonders fabriziert werden musste, zur Verfügung zu haben. Der Vorstand hat dem Antrage des Redaktors zugestimmt und die Formatänderung gutgeheissen.

Der Redaktor schaut nicht ohne grosse Sorgen der Zukunft entgegen. Die Preise für Papier und Klischees, die Druckpreise usw. drohen ins Ungemessene anzuwachsen, und wenn auch der Quästor und mit ihm der Vorstand wie die Gesellschaft überhaupt diesen Schwierigkeiten, die zu beheben nicht in unserer Macht liegt, zu begegnen suchen durch zeitgemässe Erhöhung der dem Redaktor zur Verfügung zu stellenden Geldmittel, so ist trotzdem mit der grossen Wahrscheinlichkeit zu rechnen, dass Umfang und Ausstattung der Vierteljahrsschrift wie des Neujahrsblattes einer Beschränkung zu unterwerfen sein werden. Der Redaktor sucht den Zeitpunkt dieser Massnahmen so weit als nur immer möglich hinauszuschieben, indessen ist auch er nur der „Geschobene" und nicht der „Schiebende".

Zürich, im Mai 1918. Hans Schinz.

Protokoll der Besichtigung des neuen Seewasserwerkes der Stadt Zürich am 12. Oktober 1918.

Vorsitzender: Dr. E. Rübel. Anwesend 65 Personen.

Traktanden:

1. Nach Begrüssung durch den Präsidenten werden als neue Mitglieder aufgenommen:

   Herr Gustav Schultz, Kaufmann, Kilchberg b. Z., empfohlen durch Herrn Dr. Rübel.

   Herr Paul Karrer, Dr., Prof. Chem. an der Universität, Scherrstrasse 7, Zürich 6, empfohlen durch Herrn Prof. Dr. A. Werner.

   Herr Emil Giger, Dr. rer. nat., Prof. an der Höhern Töchterschule, Asylstrasse 17, Zürich 7, empfohlen durch Herrn Dr. Rübel.

   Herr Otto Naegeli, Dr. med., Prof. med. an der Universität, Fraumünsterstrasse 7, Zürich 1, empfohlen durch Herrn Dr. Rübel.

Herr Otto Leopold Cramer, Dr. med., Jupiterstr. 14, Zürich 7, empfohlen durch Herrn Dr. Rübel.

Herr Herm. Hirzel, Dr. ing., Chemiker, Winkelwiese 5, Zürich 1, empfohlen durch Herrn Dr. Rübel.

Herr Emil Arnold Ulrich, Seidenfabrikant, Olgastr. 10, Zürich 1, empfohlen durch Herrn Dr. Rübel.

Herr Jakob Aebly, Dr. med., Riedtlistr. 19, Zürich 6, empfohlen durch Herrn Dr. Bretscher.

Herr Gottfried Pfister, Direktor der Allg. Maggi-Ges., Kempttal, empfohlen durch Herrn Dr. Rübel.

Herr Eugen Seiferle, Stud., Villa Forst, Kempttal, empfohlen durch Herrn Dr. Rübel.

Herr Wilhelm Koch, Optiker, Bahnhofstr. 11, Zürich 1, empfohlen durch Herrn Prof. Dr. W. Frei.

2. Besichtigung des Pumpwerkes im „Horn" und der Filteranlagen im „Moos" unter Führung von Herrn Rob. Schaltegger, Betriebsassistent der Wasserversorgung Zürich:

Die letzte Erweiterung der Wasserversorgung Zürich ist das neue Seewasserwerk in Wollishofen, welches im Laufe des Kriegsjahres 1914 dem Betriebe übergeben werden konnte.

Die alte Seewasseranlage mit der Fassung beim Seeauslauf in 13 m Tiefe, der Filteranlage im Industriequartier sowie dem Pumpwerk in Letten gestattete keine Erweiterung mehr. Die bisherigen guten Erfahrungen mit Sandfiltern liessen unter verschiedenen Wasserbeschaffungsprojekten der heutigen Ausführung den Vorzug geben.

Die neue Fassung auf der Höhe des Dampfschiffsteges Mönchhof in 380 m Entfernung vom Ufer liegt 30 m unter dem Seeniveau. Der See ist dort ca. 55 m tief. Die Fassungsleitung von 1200 mm Durchm. führt abgestützt in Abständen von je 50 m mit 450 m Länge schräg dem Ufer zu und kommuniziert mit einem Saugschacht. Dieser Schacht ist in der Mitte durch ein Sieb getrennt, um allfällig eintretenden Fischen den weitern Weg zu verhindern. Durch die Schrägführung der Fassungsleitung wollte man dem Einflussgebiet des kanalisierten Hornbaches ausweichen. Die Gemeinde Kilchberg konnte veranlasst werden, das Abwasser der stadtzürcherischen Kanalisation zuzuführen.

Das Pumpwerk im Horn, direkt an der Stadtgrenze, enthält vorläufig drei Maschinenaggregate von 380 PS Motor- und 330 Sekundenliter Pumpenleistung. Das Seewasser wird durch Zentrifugalpumpen aus dem Saugschacht angesogen und durch eine 1200 mm Druckleitung auf die Höhe der Filter im Moos ca. 60 m über das Seeniveau gehoben.

Diese Druckleitung führt auf der Hornhalde zur sogenannten Messtation. Hier ist eine Einrichtung getroffen, welche gestattet, das Wasser zu messen und die Pumpen auf ihre Leistung zu prüfen. Mit natürlichem Gefälle führt das Wasser von hier durch einen 530 m langen Stollen von 2 m Höhe und 1,60 m Breite direkt zur Filteranlage.

Im Moos Wollishofen, parallel zur Albisstrasse, ist die Filteranlage angelegt. Das Seewasser wird hier in zwei Stufen durch natürliches Gefälle filtriert.

Die Vorfilteranlage besteht aus 8 Einheiten von je 150 m² Fläche. Die Filtereinfüllung besteht aus Kies in diversen Korngrössen und hat eine Höhe von ca. 50 cm. Der Boden ist zwecks guter Ableitung des Wassers mit Spezial-

hohlsteinen belegt. Das Rohwasser passiert diese Schichten von oben nach unten, vorerst durch das feine Material. Diese Filter halten etwa 70—80 % des Planktons zurück und entlasten damit die zweite Filterstufe, die Reinfilter. Die Vorfilter müssen öfters gereinigt werden. Hiezu wird das Wasser umgesteuert, sodass es unten eintritt und oben in die Kanalisation ablaufen kann. Während dieser Rückführung wird vermittelst eines Gebläses in ein an der Filtersohle eingebautes Röhrensystem Luft eingepresst, welche an feinen seitlichen Öffnungen austreten kann. Diese Luft strömt nun vermöge ihres Auftriebes intensiv durch die verschlammte Packung hindurch und spühlt dabei, gemeinsam mit dem aufsteigenden Wasser das niedergelagerte Plankton an die Oberfläche. Diese sehr wirksame Reinigung wird je nach dem Zustande des Rohwassers wöchentlich ein- bis zweimal vorgenommen und dauert für ein einzelnes Filter ca. 15 Minuten. Die Lüftung erfordert ca. 40 PS.

Das vorfiltrierte Wasser verteilt sich nun auf 15 Reinfilter von je 1200 m^2 wirksame Fläche. Es sind je 5 solcher Filter zu einer Gruppe vereinigt. Diese Filter haben über einem Hohlsteinbelag wieder die verschiedenen Kiesschichten als Stützschichten einer Sandschicht von ca. 80 cm. Das vorfiltrierte Wasser steht etwa 80 cm über dem Sand und bewegt sich relativ langsam mit max. 3 m in 24 h. von oben nach unten durch diese Packung hindurch. Diesem Filter fällt nun hauptsächlich die Reinigung des Wassers von den Bakterien zu, welcher Vorgang sich zur Hauptsache in der Filterhaut, in der durch das Plankton gebildeten Verfilzung an der Sandoberfläche abspielt. Das reinfiltrierte Wasser fliesst in einem Sammelschacht zusammen und wird durch den sogenannten Filterregulator, einem Heberapparat, dem Reservoir zugeleitet. Die Verschlammung der Reinfilter ist eine langsame. Die bisherigen Filterperioden haben eine Dauer von 6—12 Monaten. Die Reinigung dieser Filter erfolgt nach Trockenlegung durch Abschürfen der Filterhaut mit etwa 1—2 cm Sand.

Das Sammelreservoir im Filter Moos fasst 3000 m^3 und liegt etwa 10 m über den Niederdruckhochbehältern der Stadt. Das filtrierte Seewasser fliesst zur Hauptsache in das Niederdrucknetz. In die Mitteldruckzone muss das Wasser gepumpt werden und ist hiefür eine Pumpanlage im Moos erstellt. Diese besteht aus zwei Pumpenaggregaten mit etwas kleinerer Leistung als denjenigen im Horn. Diese Pumpen saugen das Wasser aus dem Reservoir.

Zur Reinigung des Filtermaterials dient eine Kies- und Sandwaschmaschine, welche in einem besondern Bau untergebracht ist.

Unser heutiges Leitungsnetz umfasst vier Druckzonen, sowie ein von diesen getrenntes Quellwassernetz für ca. 370 öffentliche laufende Brunnen. Das Niederdrucknetz mit den Reservoirs im Albishof und Rämistrasse benötigt ca. 60 % des Gesamtverbrauches, die Mitteldruckzone mit dem Reservoir am Schmelzberg ca. 30 %. Die Hochdruckzone hat den Hochbehälter an der Hinterbergstrasse in 145 m über dem See und die oberste Zone beim alkoholfreien Restaurant auf dem Zürichberg in 225 m über dem See. Letztere beiden Zonen konsumieren ca. 10 % des Gesamtverbrauches. Der heutige Verbrauch ist durchschnittlich 53000 m^3 und im max. bis dahin 73000 m^3. Diese Zahlen entsprechen pro Kopf und Tag 230 bezw. 350 l. Alle vier Druckzonen erhalten ein Gemisch von Quellwasser mit filtriertem Seewasser. Der Quellwasserzufluss aus dem Sihl- und Lorzetal beträgt 27 bis 31000 m^3. Der Mehrverbrauch wird durch Seewasser gedeckt. Die oberen beiden Druckzonen werden vom Pumpwerk im Letten gespiesen, dessen kleinere Zentrifugalpumpeneinheiten das Wasser

aus dem Niederdrucknetz mit 4 Atm. Druck erhalten und letztern auf 16 bezw. auf 25 Atm. steigern.

Die Pumpenmotoren in den Werken Horn und Moos erhalten den Drehstrom von der Transformatorenstation Frohalp durch ein Kabel direkt mit 6000 Volt Spannung.

Durch ein 12adriges Telephonkabel vom Letten nach dem Moos mit Abzweigungen nach den Hochbehältern am Zürichberg und nach dem Bureau am Beatenplatz sind die Anlagen des Wasserwerkes telephonisch miteinander verbunden. Durch die gleichen Leistungen werden im Doppelbetrieb die Reservoirstände nach den Registrierapparaten im Moos übermittelt.

Die Seewasseranlage ist heute im halben Ausbau fertig erstellt. Fassungsleitung, Druckleitung, Stollen, Druckleitungen nach der Stadt sowie die Hochbauten sind für den Vollausbau dimensioniert, sodass sich eine künftige Erweiterung nur auf eine Vermehrung von Pumpen- und Filtereinheiten, sowie auf die Vergrösserung der Hochbehälter erstreckt. Die erstellte Anlage ist imstande 54 000 m^3 zu leisten, das ergibt mit dem Quellwasser mit 30 000 m^3 zusammen 84 000 m^3 Gesamtleistung. Im Vollausbau erhöhen sich diese Zahlen auf rund 110 000 + 30 000 = 140 000 m^3. Diese Wassermenge würde unter Zugrundelegung der heutigen Verbrauchsziffern für eine Einwohnerzahl von 400 000 genügen. (Autoreferat.)

3. Vortrag des Herrn Dr. Leo Minder:

Zur Hygiene des Zürcher Seewasserwerkes.

Die Stadt Zürich ist schon seit Jahrzehnten zum Teil auf Zürichseewasser als Trinkwasser angewiesen. Die älteste Fassungsstelle lag in der Nähe der Quaibrücke, am Ausflusse der Limmat, eine neuere auf einer Linie, die von der Bahnhofstrasse seewärts führt, in 200 Meter Uferentfernung; die neueste liegt bei Wollishofen.

Die hygienische Bewertung eines Sees als Trinkwasserquelle stützt sich auf:

Die direkte chemische Analyse;

Die Verfolgung der lokalen und temporären Schwankungen im Sauerstoffgehalt (Sauerstoffzehrung);

Das Studium seiner Biozönose, die biologische Analyse;

Die bakteriologische Untersuchung.

Der unterste Zürichsee ist hauptsächlich durch die vielen Untersuchungen im Interesse der Wasserversorgung gut bekannt geworden. Alle Methoden liefern geschlossen das Resultat, dass er als deutlich spürbar verunreinigt gelten muss. Den oberen See kennen wir einigermassen aus planktologischen Untersuchungen, chemischen Untersuchungen und vor allem durch umfangreiche Bestimmungen des gelösten Sauerstoffs (Kunz, 1908 - 10).

Thienemann hat in neuerer Zeit die Seen in Bezug auf das Verhalten des Sauerstoffs unterschieden in Tanytarsusseen (reine Seen) und Chironomusseen (verunreinigte Seen, nach dem Zurückdrängen der blutkiemenlosen Tanytarsuslarven durch die blutkiementragenden Chironomuslarven in Seen mit zeitweiligem Sauerstoffschwund in der Tiefe). Tanytarsusseen haben über das ganze Jahr in allen Tiefen Wasser, das sauerstoffgesättigt oder der Sättigung nahe ist. Bei Chironomusseen macht sich besonders über die Zeit der Sommerstagnation eine Sauerstoffzehrung bemerkbar. Die Sauerstoffkurve verläuft dann so, dass sie von der Oberfläche (wo Übersättigung sein kann) rasch abfällt bis auf eine Tiefe von vielleicht 15—20 Metern, um sich dann gegen die Tiefe auf

ungefähr gleicher Höhe zu halten, oder in Fällen hochgradiger Verunreinigung auf Null zu sinken.

Nach den Kunzschen Untersuchungen und auch nach eigenen Bestimmungen ist der untere Zürichsee ein Chironomussee, während der obere See sich etwas dem Tanytarsustypus nähert. Damit stimmt überein das Verhalten der Biozönose seeaufwärts. Schmutzliebende Organismen (die Spaltalge Oscillatoria rubescens, Diatomeen etc.) treten zurück, wie überhaupt die Planktonproduktivität seeaufwärts abnimmt.

Seewasser ist Oberflächenwasser und daher auch Verunreinigungen durch Krankheitserreger ausgesetzt. Dieser Satz ist für den wie soeben dargelegt, nicht mehr reinen Zürichsee, doppelt zu unterstreichen. Dass die Krankheitsübermittlung durch Seewasser nicht nur eine in den Lehrbüchern der Hygiene aufgeführte Möglichkeit ist, haben die Zürcher selbst erfahren. Ich erinnere an die Typhusepidemien in den Achtzigerjahren des letzten Jahrhunderts, die mit Sicherheit als Wasserepidemien erkannt wurden. Krankheitserreger stellen hohe Anforderungen an Wachstumstemperatur und Nährsubstrat; sie vermehren sich im Wasser nicht, sondern sterben langsam ab. Daraus ergibt sich, dass die Wahl einer Entnahmestelle im Seebecken durchaus nicht belanglos ist. Sie muss so angelegt werden, dass dort die Infektionsgefahr ein Minimum wird. Die Fassungsstelle des neuen Zürcher Seewasserwerkes liegt in 350 Metern Uferentfernung und 30 Metern Tiefe bei 50 Metern Seetiefe, von nahen Schmutzwassereinläufen weitgehend geschützt.

Für die Seefassungsstelle lassen sich nun im Verlaufe des „Seejahres" zwei ziemlich scharf trennbare, hygienisch ganz verschieden zu bewertende Zustände unterscheiden, die wir als Sommerzustand und Winterzustand bezeichnen wollen. Beide stehen primär im Zusammenhang zu Dauer und Intensität der Sonnenstrahlung.

Sommerzustand. Maximale Sonnenscheindauer bei maximaler Intensität. An der Oberfläche des Sees stärkste Absorption der Wärmestrahlen, daher Überlagerung des kälteren (spezifisch schwereren) Tiefenwassers durch Oberflächenwasser. In den obersten Schichten entsteht die Sprungschicht, die durch die Tag- und Nachtoscillationen von Einstrahlung und Ausstrahlung ihr spezifisches Gepräge erhält. Die Temperatur der Zuflüsse schwankt ungefähr im Sinne der Seeoberflächentemperaturen, daher vermischen Flüsse und Bäche ihr Wasser mit dem spezifisch gleichschweren Wasser über und in der Sprungschicht. Die baktericide Wirkung der kurzwelligen Sonnenstrahlen äussert sich gleichzeitig darin, dass der Bakteriengehalt des Seewassers sich sehr niedrig, innerhalb von wenigen Hunderten im cm^3 hält. Auch die Zahl der Colibakterien — das ist besonders wichtig — ist gering, weil die dem See durch Zuflüsse zugeführten Colimengen, wie soeben gezeigt, in den obersten Schichten sich ausbreiten und so, der Lichtwirkung besonders ausgesetzt, rasch abgetötet werden. Charakteristisch ist auch das Verhalten des Sauerstoffgehaltes im Tiefenwasser (Wasser unter der Sprungschicht). Der Sauerstoffgehalt nimmt über die Stagnationszeit kontinuierlich ab, eben weil Belüftung durch sauerstoffreiche Zuflüsse fehlt, das sauerstoffproduzierende Phytoplankton sich in den oberen Schichten entfaltet und dennoch eine ständige Sauerstoffzehrung da ist. Im Sommerzustand ist also die Fassungszone geschützt, die Sprungschicht stellt einen regelrechten Abschluss nach oben dar.

Der Winterzustand kommt dadurch zustande, dass die nächtliche Wärme-

ausstrahlung die tägliche Einstrahlung übersteigt, die Seeoberfläche sich abkühlt und die Sommerteilzirkulation einleitet. Gleichzeitig macht sich zufolge der verminderten Strahlungsquantität eine eminente Bakterienvermehrung in den obersten Wasserschichten geltend. Diese Bakterienmengen werden durch die Strömung in wolkenartigen Schwärmen nach der Tiefe vorgeschoben, so dass dann an der Fassungszone (30 m tief) etwa Mitte November die Keimzahl einen spontanen Sprung auf gewöhnlich viele Tausende macht. Gleichzeitig springt die Sauerstoffkurve in die Höhe und auch die Zahl der Colibakterien nimmt in ähnlichem Verhältnis wie die Keimzahl zu. Damit ist für die Fassungszone der Winterzustand eingeleitet, dadurch charakterisiert, dass wir hohe Keimzahlen, hohe Colizahlen und hohen Sauerstoffgehalt haben; die ganze Wassermasse ist homogen durchmischt. Der Winterzustand ist also hygienisch weit bedenklicher, weil Krankheitserreger länger am Leben bleiben und durch Konvektion auf direkterem Wege der Fassungszone zugewirbelt werden können. Der Winterzustand hält sich ohne bedeutende Aberrationen etwa bis zum Monat Mai und geht dann allmählich in den Sommerzustand über. Recht illustrativ hierzu ist das Auftreten einer Typhusepidemie in Zürich im Jahre 1880. Es herrschte damals Seegefrörne vom 20. Januar bis Mitte Februar (also fast völliger Lichtabschluss!). Unmittelbar nach der Eisschmelze brach die Epidemie aus. Unter Hinzurechnung der Inkubationszeit ergibt sich die bezeichnende Tatsache, dass die Infektion gerade zur Zeit der „Seegefrörne" erfolgte.

Das Zürichseewasser in 30 Metern Tiefe gefasst, könnte über die Zeit des Sommerzustandes allenfalls ohne Filtration als Trinkwasser verwendet werden, entschieden nicht aber im Winterzustand. Die Gefahren des Winterzustandes lassen sich kompensieren, indem dem Filterbetrieb besondere Aufmerksamkeit geschenkt, z. B. das Reinigen und Einarbeiten der Filter auf den Sommer verlegt wird.

Zürich filtriert das Seewasser durch das System der langsamen Sandfiltration mit Vorfiltration, wobei eine Wassersäule von ca. 1—2 Meter (meist noch weniger) in 24 Stunden den Horizontalschnitt des Filters durchläuft. Die Vorfilter entfernen das Plankton; die Reinfilter reduzieren den Bakteriengehalt des vorfiltrierten Wassers, der, wie gesagt, von wenigen Hunderten bis in die Tausende schwankt, mit grosser Gleichmässigkeit auf im Durchschnitt etwa zehn Bakterien im Kubikcentimeter. Um über das sichere Funktionieren der Filterkammern orientiert zu sein, wird das filtrierte Wasser jedes einzelnen Filters einer allwöchentlichen bakteriologischen Kontrolle (Keimzählung) unterworfen.

Über das Wesen der Sandfiltration stehen sich auch heute noch zwei Theorien gegenüber. Die eine erklärt den Filtrationsprozess als einen rein mechanischen Vorgang; die andere will das Sandfilter als einen biologischen Reinigungskörper aufgefasst wissen, wobei dann spezifische Mikroorganismen die Bakterien aufzehren würden. Diese letztere Theorie erhält scheinbar eine Stütze in dem unglaublichen Grössenunterschied eines Bakteriums und einem kleinsten Sandkorn der Filtermasse. Das Verhältnis ist ungefähr wie das einer Maus zu einem Felsblock von der Grösse eines Zimmers. Führt man aber diese Bestimmung konsequent durch, so würde das Sandfilter dann mit einem Blockmeer von vielen Kilometern Mächtigkeit zu vergleichen sein und es wird dann wohl denkbar, dass ein Organismus von der Grösse einer Maus in den Taschen und Klüften des Blockmeeres stecken bleibt. Jedenfalls nehmen wir für die

Zürcher Sandfilter rein mechanische Wirkungsursachen in Anspruch und zwar aus dem Hauptgrunde, weil es uns nie gelang, in dem Filtermaterial Organismen aufzufinden, die als Bakterienvertilger in Frage kämen. Die Zürcher Sandfilter sind, wenn wir von einer Anzahl von zurückgehaltenen Bakterien im Filterinneren und einigen Planktonalgen an der Oberfläche absehen, tote Körper.
(Autoreferat.)

Der Sekretär: Dr. A. Kienast.

Protokoll der Sitzung vom 25. November 1918, abends 7½ Uhr, auf der Schmidstube.

Vorsitzender: Dr. E. Rübel. Anwesend 122 Personen.

Traktanden:

1. Der Vorsitzende begrüsst die Anwesenden und gibt der Befriedigung darüber Ausdruck, dass der Krieg aufgehört hat und hoffentlich bald der Frieden Tatsache ist. Es gilt jetzt den eingetretenen Rückschlag zu überwinden, und der Arbeit unserer Gesellschaft kommt hierbei wesentliche Bedeutung zu.
2. Die Gesellschaft hat durch den Tod verloren:
   am 24. Juni 1918 Prof. Dr. F. P. Treadwell
   am 8. Oktober 1918 Traugott Wartenweiler, Sek.-Lehrer
   am 30. Oktober 1918 Paul Hefti, Forstmeister
   Oktober 1918 A. Wagener, Homburg v. d. Höhe.
   Die Anwesenden erheben sich zu Ehren der Verstorbenen.
3. Die Protokolle der Hauptversammlung und der Besichtigung des neuen Seewasserwerkes der Stadt Zürich werden genehmigt unter Verdankung an die Autoreferenten und den Sekretär.
4. Im Laufe des Sommers war die Gesellschaft genötigt, für die Herstellung ihrer Druckschriften eine neue Firma zu suchen. Es wurde mit Gebr. Fretz A. G. ein Vertrag abgeschlossen, und der Vorsitzende dankt Herrn Professor Schinz im Namen der Gesellschaft für seine verdienstvolle Erledigung dieser Angelegenheit.
5. Der Vorsitzende teilt mit, dass unser langjähriger Abwart H. Koch auf den 30. September zurückgetreten ist und verliest das Dankschreiben von H. Koch für das von der Gesellschaft überreichte Abschiedsgeschenk. Als Nachfolger hat der Vorstand angestellt Herrn A. Zeller.
6. Der Vorsitzende macht die Mitteilung, dass die Jahresversammlung der Schweiz. Naturf. Ges. für 1919 in Lugano stattfinden wird.
7. Die Herren Dr. Bircher, Dr. Brockmann, Dr. Hirschi, Prof. Rikli haben den Besitz der Gesellschaft an erratischen Blöcken einer Revision unterzogen, und der Vorsitzende spricht den Herren für ihre Arbeit den Dank der Gesellschaft aus.
8. Als neue Mitglieder werden aufgenommen:
   Herr Paul Naef-Werner, a. Oberförster und Pflanzer, Küsnacht, empfohlen durch Herrn Dr. A. Kienast.
   Herr Dr. med. vet. Xaver Seeberger, Trottestrasse 11, Zürich 6, empfohlen durch Herrn Dr. E. Ackerknecht und Prof. Dr. W. Frei.
   Herr Fritz Zweifel, Dipl.-Ing., Sonnenberg, Zürich 7, empfohlen durch Herrn Dr. A. Thellung.

Herr Dr. med. vet. W. Pfenninger, Ass. a. vet.-pat. Institut, Brandschenkestrasse 49, Zürich, empfohlen durch Herrn Prof. Dr. W. Frei.

Herr Anton Straessle, Kaufmann, Alpenstrasse 33, Zürich 2, empfohlen durch Herrn Dr. M. Baumann.

Herr Dr. And. Speiser, Prof. d. Math. a. d. Univ., Rigistrasse 9, Zürich, empfohlen durch Herrn Dr. Rübel.

Herr Hugo Heberlein, Kaufmann, Zollikerstrasse 225, Zürich 8, empfohlen durch Herrn Dr. h. c. F. Heberlein.

Herr Dr. Hein. Meyer, Chemiker, Plattenstrasse 34, Zürich, empfohlen durch Herrn Hch. Müller, a. Chemiker.

Fräulein Sara Hofmeister, Hottingerstrasse 11, Zürich 7, empfohlen durch Herrn Dr. G. Huber-Pestalozzi.

Herr Dr. Harry Engler, Chemiker, Hönggerstrasse, Altstetten b. Zürich, empfohlen durch Herrn Dr. M. Baumann.

Herr Max Schoch-Wernecke, Dipl.-Ing., Fröhlichstrasse 1, Zürich, empfohlen durch Herrn Dr. A. Kienast.

Herr Alf. v. Graffenried, dipl. ing. chem., Richterswil, empfohlen durch Herrn Prof. Dr. E. Bosshard und Herrn Schmutziger-Stäheli.

Herr Karl Schleich, Dr. phil., Chemiker, Kempttal, empfohlen durch Herrn Eugen Seiferle.

Herr Dr. Gottl. Brauchlin, Jurist, Gladbachstr. 46, Zürich, empfohlen durch Herrn Dr. Arnold Heim.

Herr Walter à Wengen, stud. chem., Brandschenkesteig 12, empfohlen durch Herrn Prof. Dr. M. Rikli.

9. Vortrag des Herrn Prof. Dr. Albert Heim:

Das Gewicht der Berge:

1555 verwunderte sich Conrad Gessner, auf dem Gipfel des Pilatus stehend, dass die Berge nicht durch ihre eigene Last in den Erdboden versinken. Heute können wir ihm antworten: Die Berge sind schon um fast $^9/_{10}$ ihrer Höhe versunken.

Das spezifische Gewicht der Gesteine, welche die uns zugängliche Erdrinde bilden, ist im Mittel (je nach Einbezug von Wasser und Eis) 2,2 bis 2,7. Das mittlere spezifische Gewicht der ganzen Erde beträgt 5,69. Die Lithosphäre bildet also nur eine leichte Schlackenrinde. Die Lagerung der verschieden dichten Massen muss gesetzmässig geordnet sein, denn die Erde wackelt bei ihrer Umdrehung nur sehr wenig. Es lassen sich viele Gründe dafür geben, dass das Erdinnere keine uns fremden Substanzen enthält, sondern nur, dass dort die dichteren Bestandteile, die wir auch aus der Rinde kennen, vorherrschen. Der mächtige Schwerekern der Erde (Barysphäre) wird sehr wahrscheinlich hauptsächlich aus Eisen und Nickel und andern Schwermetallen gebildet.

Die Schwere (= Anziehungskraft) der Erde lässt sich durch die Schwingungszeiten eines Pendels messen. Nach dem Vorgange von Helmert und v. Sterneck hat 1900 bis 1918 die geodätische Kommission der S. N. G. durch die Ingenieure Messerschmitt und Niethammer die Schweiz untersuchen lassen auf ihre Schwereabweichungen. Der Vortragende verdankt derselben, dass er ihre Beobachtungsresultate hier vorlegen (Isogammenkarte) und besprechen kann.

Die ganze Schweiz, mit Ausnahme der Gegend von Brissago—Locarno, zeigt zu langsame Pendelschwingungen, d. h. zu geringe Schwere, also Massendefekt. Derselbe nimmt zu vom Südfuss des Schwarzwaldes durch den Jura und das Mittelland und erreicht Maxima in den Walliseralpen und im nordöstlichen Graubünden. Der Massendefekt wird dort gleich einer Gesteinsmasse von 2,4 spezifischem Gewicht mit 1600 bis 1700 m Mächtigkeit. Die Beziehungen der Schwereabweichungen zum geologischen Bau des Untergrundes sind sehr merkwürdig und sehr klar. Sie beweisen mit Bestimmtheit den Bestand des Deckenbaues (vorherrschend flach von S nach N übereinandergeschobene Falten) und widersprechen vollständig der früher angenommenen direkten Auffaltung von senkrecht unter jeder Kette stehender Wurzel.

Aus den Beziehungen der Schwereabweichungen zum geologischen Bau ergibt sich zugleich deutlich ein bedeutender Grad von Isostasie, d. h. Gleichgewichtslagerung. Der Faltentiefgang der Alpen ist wohl 8—10 mal grösser als ihr Vorragen (jetzige Höhe). Wie ein Eisberg im Wasser, so schwimmen sie auf und in den durch ihre Faltenüberbürdung eingedrückten schwereren Tiefenzonen der Erdrinde. Als letzte Phase der Gebirgsbildung erscheinen fast immer isostatische Vertikalbewegungen — erst Einsenkung durch Überbürdung, später auch Hebung durch Gewichtsabnahme infolge Abwitterung. Die Einsenkung durch Überbürdung hat ein schon durchtaltes Gebirge eingedrückt, dadurch seine Täler zur Auffüllung mit Wasser (Seebildung) oder Schutt (Kiesböden) geführt. In den Alpen stimmt der durch die Pendelbeobachtungen bestimmte Massendefekt sehr gut mit der aus dem geologischen Bau nachweisbaren Einsenkung und dem Gewicht des noch überragenden Gebirges überein.

Nehmen wir die Gebirge nicht mehr als schon vorhanden an, sondern suchen wir nach der Art und Ursache ihrer Entstehung, so kommen wir zu der Auffassung: Das Gewicht der ganzen Erdrinde hat ihr Nachsinken und ihre Anpassung an den weiter sich abkühlenden schwindenden Kern erzwungen. Daraus ergab sich horizontaler Zusammenschub, der die Kettengebirge bildete und stückweise grosse Einsenkungen, die die Ozeanbecken gegen die Festländer abtrennte. Das Gewicht der einzelnen Gebirge dagegen äusserte sich in isostatischen Bewegungen, in denen die Entstehung der Gebirge stets ausklingt, und die in den Schwereabweichungen sich deutlich abzeichnen.

Die Erdrinde ist nicht stabil. Die Bewegungen gehen fort (Erdbeben, Hebungen und Senkungen an Küsten beobachtet etc.). Das Meerniveau ist keine mathematisch einfache Form. Mit den Schwereabweichungen weicht es von der einfachen Form ab. Und das Meerniveau ist auch nicht konstant. Erosion und Alluvion, Eruptionen, isostatische Bewegungen wirken direkt und indirekt beständig verändernd auf die Form der Meerfläche. Zurzeit fehlt noch jedes wirklich exakte Mittel zur Bestimmung seiner genaueren Form und ihrer Veränderungen.

Conrad Gessners fragender Gedanke 1555 auf dem Pilatus war also vollauf berechtigt. (Autoreferat).

Lebhafter Beifall der Versammlung dankte dem Vortragenden; der Vorsitzende weist darauf hin, dass schon in den neunziger Jahren Heim aus einer geologischen Beobachtung am Zürichsee einen Schluss gezogen hat, der jetzt durch die neuesten Pendelmessungen so schön bestätigt wird.

Der Sekretär: Dr. A. Kienast.

Protokoll der Sitzung vom 16. Dezember 1918

abends 7½ Uhr, auf der Schmidstube.

Vorsitzender: Dr. E. Rübel. Anwesend 70 Personen.

Traktanden:

1. Der Vorsitzende begrüsst die Anwesenden und die Zürcherische botanische Gesellschaft; er teilt mit, dass Herr Prof. Mayer durch Militärdienst verhindert war, den für den 9. Dezember zugesagten Vortrag zu halten und dass ein Ersatz in der kurzen Zeit nicht zu finden war.
2. Die Gesellschaft hat durch den Tod verloren:
   am 11. Dezember 1918 Max F. C. Schoch-Wernecke, Ingenieur.
   Die Anwesenden erheben sich zu seinen Ehren.
3. Das Protokoll der letzten Sitzung wird genehmigt unter Verdankung an den Autoreferenten und den Sekretär.
4. Am 6. Dezember feierte Herr Prof. Dr. Hans Schinz die Vollendung seines 60. Jahres. Der Vorstand hat ihm zu diesem Festtage gratuliert und der Vorsitzende spricht ihm den Dank der Gesellschaft aus für seine über mehr als 25 Jahre sich erstreckende verdienstvolle Arbeit als Bibliothekar und Redaktor.
5. Als neue Mitglieder werden aufgenommen:
   Herr Hans Mühleder, Masch.-Ing., Schwarzackerstrasse 374, Wallisellen, empfohlen durch Herrn W. Klages.
   Herr Hermann Abegg-Kriech, Landwirt, Küsnacht, empfohlen durch Herrn Dr. Rübel.
   Herr Eduard Hofmeister, Freigutstr. 16, empfohlen durch Herrn Dr. G. Huber-Pestalozzi.
   Herr Meinrad Gschwind, Dr. chem., Eidg. Prüfungsanstalt für Brennstoffe, Zürich 6, empfohlen durch Herrn Dr. Rübel.
   Frl. Anna Thurnheer, cand. phil. (Botanik), Wohlen (Aarg.), empfohlen durch Herrn Dr. Rübel.
   Herr Gaudenz R. Walser, cand. phil, Schanzeneggstr. 3, Zürich 2, empfohlen durch Herrn Dr. Rübel.
   Frl. Gretel Josephy, cand. phil., Rütistr. 4, Zürich 7, empfohlen durch Herrn Dr. Rübel.
   Frl. Aline Rauch, Lehrerin, Weststr. 60, Zürich 3, empfohlen durch Herrn Dr. Rübel.
   Herr Hans Osk. Wyss, Dr. med. prakt. Arzt, Steinwiesstr. 37, Zürich 7, empfohlen durch Herrn Dr. Rübel.
   Herr Paul Landolt-Locher, Kaufmann, Asylstr. 31, Zürich 7, empfohlen durch Herrn Dr. Rübel.
   Herr Arnold Corti, Dr. phil., Direktor der Chem. Fabrik Flora Dübendorf, Dübendorf, empfohlen durch Herrn Dr. Rübel.
   Herr Emil Ott, Dr. ès sciences, Chemiker, Industriestrasse, Schlieren, empfohlen durch Herrn Dr. Rübel.
   Frl. Alma Clara Staub, Assist. a. d. Eidg. Sternwarte, Eidg. Sternwarte, Zürich 6, empfohlen durch Herrn Dr. Rübel.
   Herr Otto Pfleghard, Architekt, Zollikerstr. 245, Zürich 8, empfohlen durch Herrn Dr. Rübel.

Herr Ludwig Fischer-Reinau, Dr. phil., Ing., Bleicherweg 13, Zürich 1. empfohlen durch Herrn Dr. Rübel.

Herr Eduard Usteri-Pestalozzi, Oberst, Talacker 5, Zürich 1, empfohlen durch Herrn Dr. Rübel.

Herr Carl Andreae, Ingenieur, Bürglistr. 30, Zürich 2, empfohlen durch Herrn Prof. C. Schröter.

Herr Adolf Guggenbühl, Ingenieur, Weinbergstr. 113, Zürich 6, empfohlen durch Herrn Dr. Rübel.

Herr Karl Leupold, Gutsbesitzer, Rigiplatz 1, Zürich 6, empfohlen durch Herrn Dr. Rübel.

Herr Robert Froebel, Gartenarchitekt, Moussonstr. 15, Zürich 7, empfohlen durch Herrn Dr. Rübel.

Frl. Amélie Egli, Lehrerin, Freiestr. 152, Zürich 7, empfohlen durch Herrn Dr. Baumann-Naef.

Frl. Cecile Rübel, Zürichbergstr. 35, Zürich 7, empfohlen durch Herrn Dr. Rübel.

Frl. Helene Rübel, Zürichbergstr. 35, Zürich 7, empfohlen durch Herrn Dr. Rübel.

Herr Henry E. Sigerist, Dr. med., Voltastr. 16, Zürich 7, empfohlen durch Herrn Dr. Rübel.

Herr Hermann Stoll, Dr. jur., Industrieller, Lavaterstr. 15, Zürich 2, empfohlen durch Herrn Dr. Rübel.

Herr Otto v. Fleischl, Dr. med., Esplanade, Locarno, empfohlen durch Herrn Dr. Rübel.

Herr Adolf Hauser, Apotheker, Gemeindestr. 7, Zürich 7, empfohlen durch Herrn Dr. Rübel.

Herr Hermann Otto Sigg, Kaufmann, a. Landstr. 110, Küsnacht, empfohlen durch Herrn Dr. Rübel.

Frau Martha Sigg, a. Landstrasse 110, Küsnacht, empfohlen durch Herrn Dr. Rübel.

6. Der Stadtrat hat ein Gesuch des Vorstandes um Erhöhung der jährlichen Subvention auf Fr. 3000.— in seiner letzten Sitzung bewilligt und der Vorsitzende gibt dem lebhaften Danke der Gesellschaft Ausdruck.

7. Vortrag des Herrn Prof. Henri Badoux:

Die durch die kleine Fichtenblattwespe verursachten Beschädigungen der schweizerischen Waldungen in letzter Zeit.

Die verschiedensten Gruppen von Insekten liefern Schädlinge, die gelegentlich in den Wäldern grosse Verheerungen verursachen; besonders sind es Käfer und Schmetterlinge, welche je und je als Waldzerstörer der Forstwirtschaft gewaltigen Schaden zugefügt haben. Es sei nur an Fichten-Borkenkäfer, an die Nonne, an Schwammspinner, der die Wälder des nördlich atlantischen Nord-Amerikas heimgesucht hat, an den Kieferspanner, den grossen Fichtenborkenkäfer, den Arvenborkenkäfer, den Maikäfer und den grauen Lärchenwickler erinnert.

Seit einigen Jahren erregt ein Insekt, das früher wenig beachtet worden ist, erhöhtes Interesse, da es zu einer schweren Gefahr für unsere Fichtenwälder zu werden scheint. Es ist die kleine Fichtenblattwespe *(Nematus abietum Hrtg.)*, ein Vertreter der Hautflügler *(Hymenopteren)*.

In den ältern Lehrbüchern bis Ende der siebziger Jahre wird dieser Schädling überhaupt nicht erwähnt. Die erste sichere Unterscheidung der Art erfolgte erst 1895 durch *Judeich* und *Nitsche*. Seit dieser Zeit sind aus vielen Teilen Mitteleuropas Angaben über Schädigungen eingegangen. Die grössten Verheerungen wurden im Neuenhofer Revier bei Leipzig festgestellt, wo 600 ha zerstört worden sind. In der Schweiz gehen die ältesten Angaben auf das Jahr 1870 zurück. Zu grösseren Schädigungen kam es jedoch erst seit 1900, so in der Waadt bei Sépey (720 m), im Kanton Schaffhausen von 1907 bis 1912, dann seit 1909 in Höhragen bei Bülach; Herde wurden ferner bei Büren an der Aare, im Sihlwald, bei Spreitenbach (Schwyz), bei Bonaduz und im Gemeindegebiet von Ebikon (Luzern) festgestellt. So erweist sich die Fichtenblattwespe auch bei uns als gefährliches Insekt. Sie gefährdet die Entwicklung unserer Fichtenbestände, besonders wenn sie ungemischt und gleichalterig aus Pflanzungen hervorgegangen sind.

Die ungemein licht- und sonnenliebenden ausgewachsenen Insekten schwärmen im zeitigen Frühjahr, Ende April und Anfang Mai; ihre Flugzeit ist sehr kurz, sie dauert nur etwa 10 Tage. Die Eier werden an die jungen Maitriebe gelegt, dabei schlitzen die Wespen die Nadeln auf und legen in jeden Schlitz ein Ei ab. Spätestens nach 3—4 Tagen schlüpfen bereits die jungen Larven aus. Wegen ihrer Gleichfarbigkeit mit den Nadeln entziehen sie sich leicht der Beobachtung. Die Frassdauer beträgt höchstens einen Monat, dann gehen die Larven in den Boden. Typisch ist somit die Raschheit der Entwicklung und die Kürze der Frassperiode. Gerade darin liegt die Schwierigkeit der Bekämpfung des Insektes. In der Folgezeit, d. h. mehr als 10 Monate, liegen die Larven 1—3 cm tief im Boden, in braunen erdfarbenen Cocons, die in kurzer Zeit gebildet wurden. Die Verpuppung geschieht erst etwa 14 Tage vor der Schwärmzeit.

Den Frass erstreckt sich nur auf die Maitriebe, niemals auf ältere Nadeln. Dieselben verfärben sich rot, als ob sie vom Frost getötet worden wären. Am Ende der Frassperiode bleibt schliesslich nur ein kleiner Stumpf übrig, dagegen werden die Knospen, die im folgenden Jahr austreiben können, nicht abgetötet. Bei wiederholtem Frass entstehen wipfellose Fichten. Normalerweise ist Nematus abietum monophag, doch haben Versuche in Zürich ergeben, dass er im Notfall auch auf andere Coniferen übergeht, so besonders auf die Lärche. Die Weisstanne dagegen ist immun.

Die Bekämpfung ist mit vielen Schwierigkeiten verbunden. Die technische Bekämpfung (Leimringe, Bespritzen usw.) hat ganz versagt. Mehr Aussicht verspricht die biologische Bekämpfung, durch Begünstigung der Feinde des Insekts. Doch ist man auch hier über die ersten Versuche nicht herausgekommen. Die sehr beweglichen Larven sind auch durch ihren unangenehmen Wanzengeruch einigermassen geschützt. Die Webespinnen fangen massenhaft die schwärmenden Fichtenblattwespen, Ameisen vermögen die Larven in wenigen Minuten zu töten, unter den Vögeln sind es besonders die Stare, die ihnen zusetzen.

Die Wertevernichtung ist recht bedeutend. Unter Zugrundelegung der Holzpreise von 1917/18 kann der Verlust für die 100 Hektaren Fichtenwald von 1911–1916 auf 40000—50000 Franken geschätzt werden. Der Massenverlust beträgt 2,7 m^3 pro Hektar und Jahr. Besonders auffällig ist der Rückgang der Längstriebe, bei Jungholz von 71 cm (1906) auf 39 cm 1912) auf

8 cm (1917), bei Altholz sogar von 36 cm (1906) auf 0 cm (1917). Der Kreisflächenzuwachs ist gegenüber normalem Holzzuwachs um ca. 70% verringert.

Es ergibt sich endlich noch die Frage, wie in Zukunft von *Nematus abietum* befallene Bestände zu behandeln sind. Kahlschlag ist entschieden unzulässig; dagegen sollen dieselben stark durchforstet und in die Lücken Weisstannen und Laubhölzer eingepflanzt werden. Reine Fichtenbestände sind in niederen Lagen, wo die Fichte nicht einheimisch ist, in Zukunft zu vermeiden. Diese reinen Bestände sind, wie wir nun immer mehr erkennen, eine Vergewaltigung der Natur, die sich mit der Zeit rächen musste. Die Natur nachahmen, ihr Werk beschleunigen, das ist eine Hauptaufgabe der Forstwirtschaft.

Der Vortrag wird demnächst im Wortlaut in der „Schweiz. Zeitschrift für Forstwesen", Jahrgang 1918, Heft 11/12, erscheinen.

Lebhafter Beifall der Versammlung dankte dem Vortragenden. Prof. Schröter erwähnt, dass die Befürchtung ausgesprochen worden sei, ein gänzlich sich selbst überlassener Wald, wie der Nationalpark, werde ein Herd von Borkenkäfern und andern Schädlingen sein. Die Herren Badoux und Barbey, die mit dem Studium dieser Frage in Bezug auf den Nationalpark betraut sind, fanden bei der Begehung des Parkes im Sommer 1918 eine grössere Anzahl von schädlichen Käfern, als sie in einem normal gepflegten Wald vorzukommen pflegen: die Käfer seien aber trotzdem an keiner Stelle dem Walde gefährlich geworden.

Der Sekretär: Dr. A. Kienast.

Verzeichnis der Mitglieder

der

Naturforschenden Gesellschaft in Zürich,

abgeschlossen am 31. Dezember 1918.

I.

Präsidenten der Gesellschaft.[1])

1746—1790 **Johannes Gessner,** Dr. med., Chorherr, Professor der Physik und Mathematik.
1790—1803 **Hans Caspar Hirzel,** Dr. med., Stadtarzt und Ratsherr.
1803—1812 **Joh. Heinrich Rahn,** Dr. med., Chorherr.
1812—1831 **Paul Usteri,** Dr. med., Arzt, Naturforscher und Staatsmann.
1831—1834 **Joh. Caspar Horner,** Dr. phil., Professor der Mathematik, Forschungsreisender.
1834—1847 **Heinr. Rudolf Schinz,** Dr. med., Arzt und Professor der Naturwissenschaften.
1847—1849 **Albert Mousson,** Dr. phil., Professor der Physik.
1849—1851 **Oswald Heer,** Dr. phil., Professor der Botanik.
1851—1853 **Arnold Escher von der Linth,** Dr. phil., Professor der Geologie.
1853—1855 **Albert Mousson,** Dr. phil., Professor der Physik.
1855—1857 **Heinrich Frey,** Dr. med., Professor der Zoologie.
1857—1859 **Albert Mousson,** Dr. phil., Professor der Physik.
1859—1861 **Rudolf Clausius,** Dr. phil., Professor der Physik.
1861—1863 **Arnold Escher von der Linth,** Dr. phil., Professor der Geologie.
1863—1865 **Oswald Heer,** Dr. phil., Professor der Botanik.
1865—1867 **Albert Mousson,** Dr. phil., Professor der Physik.
1867—1869 **Gustav Zeuner,** Dr. phil., Professor der Mechanik.
1869—1870 **Pompejus Bolley,** Dr. phil., Professor der Chemie.
1870—1872 **Johannes Wislicenus,** Dr. phil., Professor der Chemie.
1872—1874 **Carl Culmann,** Dr. phil., Professor der Ingenieurwissenschaften
1874—1876 **Ludimar Hermann,** Dr. med., Professor der Physiologie.
1876—1878 **Carl Cramer,** Dr. phil., Professor der Botanik.
1878—1880 **Albert Heim,** Dr. phil., Professor der Geologie.
1880—1882 **Heinrich Friedrich Weber,** Dr. phil., Professor der Physik.
1882—1884 **Eduard Schär,** Dr. phil., Professor der Pharmacie.
1884—1886 **Wilhelm Fiedler,** Dr. phil., Professor der darstellenden Geometrie.
1886—1888 **Albert Heim,** Dr. phil., Professor der Geologie.

[1]) Die historischen Angaben sind der von Prof. Dr. F. Rudio verfassten Geschichte unserer Gesellschaft entnommen, die den ersten Band der „Festschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich 1746—1896“ (zugleich 41. Jahrgang der „Vierteljahrsschrift“) bildet. Diese Arbeit (274 Seiten und 6 Tafeln) gibt ein getreues Bild der Entwicklung unserer Gesellschaft während der ersten 150 Jahre ihres Bestehens und ist zugleich ein interessantes Stück Zürcher Kulturgeschichte. Sie ist bei der Buchhandlung Beer & Co., Peterhofstatt, Zürich, zum Preise von Fr. 10.— zu beziehen. Der 2. Band der Festschrift, zum selben Preise erhältlich, besteht aus 35 wissenschaftlichen Abhandlungen aus den Gebieten der Mathematik, Geodäsie und Astronomie, Physik, Chemie und Pharmacie, Mineralogie und Geologie, Botanik, Zoologie, Medizin. Er umfasst 598 Seiten und 14 Tafeln.

Der Vorstand.

1888—1890 **Carl Schröter,** Dr. phil., Professor der Botanik.
1890—1892 **Heinrich Friedrich Weber,** Dr. phil., Professor der Physik.
1892—1894 **Georg Lunge,** Dr. phil., Professor der Chemie.
1894—1896 **Alfred Kleiner,** Dr. phil., Professor der Physik.
1896—1898 **Wilhelm Ritter,** Dr. phil., Professor der Ingenieurwissenschaften.
1898—1900 **Ferdinand Rudio,** Dr. phil., Professor der Mathematik.
1900—1902 **Jakob Escher-Kündig,** Dr. phil. h. c., Kaufmann und Naturforscher.
1902—1904 **Arnold Lang,** Dr. phil., Professor der Zoologie.
1904—1906 **Ulrich Grubenmann,** Dr. phil., Professor der Mineralogie.
1906—1908 **Alfred Werner,** Dr. phil., Professor der Chemie.
1908—1910 **Max Standfuss,** Dr. phil., Professor der Zoologie.
1910—1912 **Carl Schröter,** Dr. phil., Professor der Botanik.
1912—1914 **Emil Huber-Stockar,** Ingenieur.
1914—1916 **Martin Rikli,** Dr. phil., Professor der Botanik.
1916—1918 **Emil Bosshard,** Dr. phil., Professor der Chemie.
1918—1920 **Eduard Rübel,** Dr. phil., Privatdoz. der Botanik.

II.

Sekretäre.[1])

1746—1752 **Hans Ulrich von Blaarer** (ökonomischer Sekretär, auch Notar genannt) und **Hans Conrad Heidegger** (wissenschaftlicher Sekretär).

1752—1759 **Hans Caspar Hirzel,** Dr. med., Stadtarzt. 1759—1778 **Salomon Schinz** Dr. med., Arzt und Naturforscher. 1778—1790 **Hans Rudolf Schinz,** Pfarrer und Naturforscher. 1790—1796 **Johann Heinrich von Orelli.** 1796—1799 **David Rahn,** Dr. med., Stadtarzt. 1799—1801 **Johann Jakob Cramer,** Pfarrer und Professor. 1801—1823 **Heinrich Rudolf Schinz,** Dr. med., Arzt und Professor der Naturwissenschaften. 1823—1835 **Hans Locher-Balber**, Dr. med., Professor der Medizin. 1835—1843 **Ferdinand Keller,** Dr. phil., Naturforscher und Archäolog. 1843—1847 **Albert Kölliker,** Dr. med., Professor der Anatomie. 1847—1857 **Rudolf Heinrich Hofmeister,** Dr. phil., Professor der Physik. 1857—1860 **Hermann Pestalozzi-Bodmer,** Dr. med., Arzt. 1860—1870 **Carl Cramer,** Dr. phil., Professor der Botanik. 1870—1880 **August Weilenmann,** Dr. phil., Professor der Physik. 1880—1886 **Robert Billwiller,** Dr. phil., Direktor der meteorologischen Zentralanstalt. 1886—1892 **Adolf Tobler,** Dr. phil., Professor der Physik. 1892—1894 **Carl Fiedler,** Dr. phil., Privatdozent der Zoologie. 1894—1899 **Alfred Werner,** Dr. phil., Professor der Chemie. 1899—1906 **Karl Hescheler,** Dr. phil., Prof. der Zoologie. 1906—1912 **Emil Schoch-Etzensperger,** Dr. phil. 1912—1917 **Eduard Rübel,** Dr. phil., Geobotaniker. Seit 1917 **Alfred Kienast,** Dr. phil. Math.

III.

Quästoren.[2])

Quästoren des Lotterie- oder Hauptfonds.

1751—1787 **Caspar Scheuchzer.** 1788—1814 **Hans Conrad Lochmann.** 1814—1826 **Hans Jakob Pestalozzi.** 1826—1832 **Johann Jakob Hess.** 1832—1842 **Salomon Klauser.** 1842—1854 **Otto Rudolf Werdmüller.**

[1]) In den ersten Jahren waren in den Statuten zwei Sekretariate vorgesehen, eines für die ökonomischen und eines für die wissenschaftlichen Geschäfte. Das erstere, auch Notariat gennant, wurde aber nach dem Rücktritt Ulrich von Blaarers, des ersten und einzigen Notars der Gesellschaft, mit dem wissenschaftlichen vereinigt.

[2]) Bis zum Jahre 1854 besass die Gesellschaft zweierlei Quästoren, die des Brauchfonds (auch Quästor-Ausgeber genannt) und die des Lotteriefonds (auch Quästor-Einnehmer genannt). Den ersteren fiel bis zum Jahre 1833 zugleich das Vizepräsidium zu. Im Jahre 1854 wurden die beiden Quästorate vereinigt. Der erste, der das umgestaltete neue Amt übernahm, war Meyer-Ahrens.

Quästoren des Brauchfonds.

1746—1759 **Hans Conrad Meyer,** Staatsmann und Meteorolog. 1759—1790 **Hans Caspar Hirzel,** Dr. med., Stadtarzt. 1790—1803 **Johann Heinrich Rahn,** Dr. med., Chorherr. 1803—1811 **Diethelm Lavater,** Dr. med., Apotheker, Naturforscher und Staatsmann. 1811—1812 **Paul Usteri,** Dr. med., Arzt, Naturforscher und Staatsmann. 1812—1831 **Johann Caspar Horner,** Dr. phil., Professor und Forschungsreisender. 1831—1834 **Heinrich Rudolf Schinz,** Dr. med., Arzt und Professor. 1834—1841 **Leonhard Schulthess,** Kaufmann und Botaniker. 1841—1851 **Johann Jakob Usteri-Usteri,** Kaufmann. 1851—1854 **Adolf Salomon Pestalozzi,** Bankier.

1854—1858 **Conrad Meyer-Ahrens,** Dr. med., Arzt. 1858—1874 **Johann Caspar Escher-Hess,** Kaufmann und Naturforscher. 1874—1876 **Hans Rudolf Schinz-Vögeli,** Kaufmann und Naturforscher. 1876—1887 **Johann Caspar Escher-Hess,** Kaufmann und Naturforscher. 1887—1914 **Hans Kronauer,** Dr. phil., Mathematiker. Seit 1914 **Moritz Baumann-Haef,** Dr. phil.

IV.

Bibliothekare.

1754—1757 **Johann Jakob Köchlin,** Pfarrer. 1757—1764 **Hans Heinrich Schinz,** Kaufmann und Staatsmann. 1764—1774 **Leonhard Usteri,** Chorherr und Professor. 1774—1778 **Hans Conrad Heidegger,** Staatsmann. 1778-1780 **Johann Heinrich Waser,** Pfarrer. 1780-1792 **Heinrich Lavater,** Staatsmann. 1792—1837 **Christoph Salomon Schinz,** Dr. med., Arzt Chorherr und Professor. 1837—1881 **Johann Jakob Horner,** Bibliothekar und Professor. 1881—1892 **Johann Friedrich Graberg,** Zeichenlehrer. 1881—1892 **Carl Ott,** Physiker. 1892—1915 **Hans Schinz,** Dr. phil., Professor der Botanik.

V.

Redaktoren der Vierteljahrsschrift.

1856—1893 **Rudolf Wolf,** Dr. phil., Professor der Astronomie.
1894—1912 **Ferdinand Rudio,** Dr. phil., Professor der Mathematik.
Seit 1912 **Hans Schinz,** Dr. phil., Professor der Botanik.

VI.

Vertreter in der Kommission der Zentralbibliothek.

Seit 1916 **Martin Rikli,** Dr. phil., Professor der Botanik.

VII.

Ehrenmitglieder.[1])

			Mitglied seit	Ehren-mitglied seit
Hr.	**Choffat, Paul,** Dr., Landesgeologe, R. do Arco a Jesus 113	Lissabon . . .	**1873**	1896
»	**Eberth, Karl Josef,** Dr. med., Prof. an der Universität, Ringbahnstrasse 111	Halensee . . .	**1865**	1896
»	**Hantzsch, Arthur,** Dr., Prof. der Chemie an der Universität	Leipzig	1885	1896
»	**Heim, Albert,** Dr., a. Prof. d. Geol. beider Hochschulen, Hofstrasse 100	Zürich 7 . . .	**1870**	1914

[1]) Die ältesten Mitglieder (18), die der Gesellschaft schon 40 Jahre angehören, sind durch fettgedruckte Jahreszahlen ausgezeichnet.

			Mitglied seit	Ehren-mitglied seit
Hr.	**Kronauer, Hans,** Dr., Mathematiker d. Rentenanstalt, Klosbachstrasse 152	Zürich 7	1883	1912
»	**Reye, Theodor,** Dr., Prof. d. Math. an der Universität	Strassburg	**1863**	1896
»	**Rudio, Ferdinand,** Dr., Prof. der Mathematik an der techn. Hochschule, Dolderstrasse 111	Zürich 7	1881	1912
»	**Sarasin, Fritz,** Dr., Zoologe, Spitalstrasse 22	Basel	—	1915
»	**Sarasin, Paul,** Dr., Zoologe, Spitalstrasse 22	Basel	—	1915
»	**Schinz, Hans,** Dr., Prof. der Bot. an der Universität, Seefeldstrasse 12	Zürich 8	1889	1915
»	**Schwarz, Hermann Amandus,** Dr., a. Prof. der Mathematik an der Universität, Humboldtstrasse 33	Grunewald b. Berlin	**1869**	1896
»	**Schwendener, Simon,** Dr., a. Prof. der Botanik an der Universität, Matthäikirchstrasse 28	Berlin W	—	1899
»	**Tschirch, Alexander,** Dr., Prof. (Bot., Pharm). an der Universität	Bern	—	1915

VIII.

Korrespondierende Mitglieder.

			Mitglied seit	Korresp. seit
Hr.	**Margerie, Emmanuel de,** Geologe, Rue du Bac 110	Paris VII	—	1883
»	**Bredig, Georg,** Dr., Prof. für Elektrochemie an der techn. Hochschule	Karlsruhe	1910	1911
»	**Einstein, Albert,** Dr., Prof. Phys., Akademie der Wissenschaften	Berlin-Dahlem	1911	1911
»	**Willstätter, Richard,** Dr., Prof. Chem. an der Universität	München	1905	1912

IX.

Ordentliche Mitglieder.

			Stadtkr. Zürich	Mitglied seit [1]
Hr.	**Abegg, Karl,** Kaufmann	Zollikerstrasse 32	8	1910
»	**Abegg-Kriech, Hermann,** Landwirt	Küsnacht	—	1918
»	**Abeljanz, Haruthian,** Dr., Prof. Chem. an der Univ.	Gladbachstrasse 67	7	1880
»	**Ackerknecht, Eberhard,** Dr., Prosektor a. vet.-med. Institut	Scheuchzerstr. 73	6	1911
»	**Aebly, Jakob,** Dr. med.	Riedtlistr. 19	6	1918
»	**Aeppli, August,** Dr., Prof. an der kant. Industrieschule	Kronenstrasse 24	6	1889
»	**Agthe, Karl,** Dr., Dipl.-Ing., Priv.-Doz., Chem. a.d. Univ.	Zürichbergstr. 45	7	1916
»	**Ahrens, Heinr.,** Dr., Geologe, Sandweg 84	Frankfurt a. M.	—	1912
»	**Alder, Max,** Prof. an der höhern Töchterschule	Kreuzstrasse 76	7	1913
»	**Amberg, Otto,** Dr.	Limmatquai 50	1	1903
»	**Ammann-Schwarzer, Albert,** Kaufmann	Wiedingstr. 14	3	1916
»	**Andreae, Carl,** Ing.	Bürglistrasse 30	2	1918
»	**Arbenz, Paul,** Dr., Prof. Geol. an d. Univers. Bern, Neufeldstrasse 45	Bern	—	1905
»	**Arnot, Robert,** Dr., Chem., Eidg. Chemiegebäude		6	1917
»	**Bachmann, Hans,** Dr., Prof. an der Kantonsschule	Luzern, Bambergstr. 5a	—	1897

[1]) Die Mitglieder sind gebeten, allfällige Adressenänderungen oder sonstige Korrekturen umgehend dem Quästor, Herrn Dr. M. Baumann-Naef, Tödistrasse 39, Zürich 2, und dem Sekretär, Herrn Dr. A. Kienast, Küsnacht, mitzuteilen.

			Stadtkr. Zürich	Mitglied seit
Hr.	**Bader-Schneebeli, Hermann,** Kaufmann	Traubenstr. 5	2	1916
»	**Badoux, Henri,** Prof. d. Forstwiss. a. d. eidg. techn. Hochschule	Gloriastrasse 68	7	1915
»	**Bæbler, Emil,** Dr., Prof. am kant. Gymnasium	Hadlaubstrasse 106	6	1911
»	**Bänziger, Theodor,** Dr. med., Augenarzt	Billrotstrasse 15	8	1889
»	**Bær, Julius,** Bankier	Bergstrasse 54	7	1910
»	**Bäschlin, Fritz,** Ingenieur, Prof. a. d. techn. Hochschule	Zollikon	—	1910
»	**Bangerter, Fr.,** Chemiker	Uetikon	—	1912
»	**Baragiola, Wilhelm Italo,** Dr., Abteilungsvorstand der Schweiz. Versuchsanstalt, Privatdozent a. d. techn. Hochschule	Voltastrasse 32	7	1911
»	**Bareiss, Arthur,** Kaufmann	Alpenquai 22	2	1910
»	**Baudisch, Oscar,** Dr., Chem., Eppendorfer Krankenhaus, Hamburg		—	1910
»	**Baumann-Naef, Moritz,** Dr., Chemiker	Tödistrasse 39	2	1910
Fr.	**Baumann-Naef, Ida**	Tödistrasse 39	2	1915
Hr.	**Baur, Emil,** Dr., Prof. Chem. an d. techn. Hochschule	Ottikerstrasse 52	6	1911
»	**Beck, Alexander,** Dr., a. Prof. Math.	Schanzenberg-Schönbergg. 7	1	**1870**
»	**Beck-Barker, Bernh.,** Dr., Rekt. d. Freien Gymnasiums	St. Annagasse 9	1	1904
»	**Beck, Emil,** Dr., Prof. am kant. Gymnasium	Schanzenberg-Schönbergg. 7	1	1907
»	**Beck, Karl,** Prof. (Phys.) am Kant. Gymnasium	Hegibachstr. 75	7	1917
»	**Beer, Robert,** Buchhändler	Peterhofstatt 10	1	1905
»	**Behn-Eschenburg, Hans,** Dr., Direktor	Oerlikon	—	1910
»	**Bender, Paul,** Lithographische Kunstanstalt	Zollikon	—	1911
»	**Benz, Walter,** Dr., Prof. Math. a. d. kant. Industrieschule	Zeppelinstrasse 28	6	1917
»	**Bernheim-Karrer, Jakob,** Dr. med., Prof.	Gartenstrasse 36	2	1903
»	**Beuttner, Eugen,** Dr., Dufourstr. 769	Zollikon	—	1917
»	**Beyel, Christian,** Dr., Privatdozent Math. an der techn. Hochschule	Gemeindestrasse 26	7	1882
»	**Biber, Walter,** Sekundarlehrer	Kinkelstr. 53	6	1910
»	**Biedermann, Robert,** Fabrikant, Sonnenberg	Winterthur	—	1915
»	**Billwiller, Robert,** Dr., Adjunkt d. Eidg. Meteorol. Zentralanstalt	Plattenstr. 44	7	1917
»	**Bircher, F. Ernst,** Dr. jur., Rechtsanwalt	Sophienstrasse 2	7	1902
»	**Bircher, Max,** Dr. med.	Keltenstrasse 48	7	1902
»	**Bitterli, Emil,** Ing. Comp. génér. de l'Electr., Rue Chardon-Lagarche 48 (per. Adr. Emil Bitterli, Neumünsterstr. 34, Zürich 8)	Paris	—	1910
»	**Blattmann-Ziegler, Heinrich,** Fabrikant	Wädenswil	—	1911
»	**Bleuler, Eugen,** Dr. med., Prof. an der Universität	Burghölzli	8	1900
»	**Bloch, Bruno,** Dr. med., Prof. Dermatol. a. d. Univers.	Mythenstr. 23	2	1917
»	**Bloch, Isaak Adolf,** Dr., Prof. an der Kantonsschule	Solothurn	—	1895
»	**Blum-Jenny, Walther,** stud. Archäologie	Zollikerstr. 188	8	1917
»	**Blumer, Ernst,** Dr., Geologe	Zollikon	—	1917
»	**Bolleter, Eduard,** Dr., Sekundarlehrer	Rotbuchstrasse 24	6	1900
»	**Bommer, Albert,** Apotheker	Zähringerstrasse 9	1	1889
Frl.	**Boner, Yvonne,** cand. Zoolog.	Florhofgasse 2	1	1917
Hr.	**Bosshard, Emil,** Prof. Chem., Rektor d. Eidg. Techn. Hochschule	Ottikerstrasse 38	6	1913
»	**Bosshard, Heinrich,** Dr., Prof. am kant. Gymnasium	Hochstrasse 68	7	1892
»	**Brandenberger, Konrad,** Dr., Prof. a. d. kant. Industrieschule	Sonneggstrasse 50	6	1902
»	**Brauchlin, Gottl.,** Dr., Jurist	Gladbachstr. 46	7	1918

			Stadtkr. Zürich	Mitglied seit
Hr.	**Braun, Josias,** Dr., Konservat. a. Geobot. Inst. Rübel	Winterthurerstr. 66	6	1916
»	**Bremi, Walter,** Dr., Chemiker	Hönggerstrasse 148	6	1911
»	**Brennwald, Paul,** Kaufmann	Kurhausstrasse 9	7	1911
»	**Brentano, J.,** Dr., Privatdozent d. Phys. a. d. E. T. H.	Orellistr. 70	7	1918
»	**Bretscher, Konrad,** Dr., Sekundarlehrer	Weinbergstrasse 146	6	1890
»	**Brettauer, Alfred,** Dr. med.	Bahnhofstr. 55	1	1916
»	**Brinkmann, Emil,** Ingenieur	Rigistrasse 9	6	1917
»	**Brockmann-Jerosch, Henryk,** Dr., Privatdoz. Bot. a. d. Univ.	Kapfsteig 44	7	1907
»	**Brunner, Friedrich,** Dr. med., Asyl Neumünster	Forchstrasse 85	7	1896
»	**Brunner, Otto,** Dr., Apotheker	Limmatquai 56	1	1907
»	**Bühler, Anton,** Dr. med., Privatdoz. a. d. Universität	Bahnhofstr. 5	1	1904
»	**Bürgi, Oscar,** Dr. med. vet., Prof. an der Universität	Sonnenberg Erlenbach (Zürich)	—	1906
»	**Bützberger, Fritz,** Dr., Prof. a. d. kant. Industrieschule	Plattenstr. 66	7	1911
»	**Burri, Robert,** Dr., Prof., Abteilungs-Vorst. der eidgen. Versuchsstation	Liebefeld-Bern	—	1896
»	**Busse, Otto,** Dr. med., Prof. an der Universität	Büchnerstrasse 10	6	1911
»	**Carpentier, Fritz,** Fabrikant	Dufourstrasse 5	8	1910
»	**Cérésole, Maurice,** Dr., Prof. Chem. an der techn. Hochschule	Hadlaubstrasse 58	6	1910
»	**Claraz, Georges**	Lugano, Via Salvatore 21	—	1894
»	**Cloëtta, Max,** Dr. med., Prof. an der Universität	Plattenstrasse 58	7	1902
»	**Corti, Arnold,** Dr. phil., Direktor	Dübendorf	—	1918
»	**Cramer, Otto Leopold,** Dr. med.	Jupiterstr. 14	7	1918
Frl.	**Daiber, Marie,** Dr., Pros. u. Assist. a. zool. Inst. beider Hochsch., Privatdoz.	Krähbühlstr. 6	7	1906
Hr.	**Denzler, Albert,** Dr., Privatdozent Elektrot. a. d. techn. Hochschule	Schmelzbergstr. 14	7	1881
Frl.	**Dübendorfer, Emma,** Dr. med., Ärztin	Bahnhofstrasse 88	1	1912
Hr.	**Dubuis, Samuel Ed.,** Tierarzt	Letzisteig 1	6	1918
»	**Düggeli, Max,** Dr., Prof. ldw. Bakter. an der techn. Hochschule	Hofstrasse 75	7	1912
»	**Dumas, Gustav,** Dr., Prof. Math. an d. Univers., Plateau de Béthusy	Lausanne	—	1911
»	**Du Pasquier, Gustav,** Dr., Prof. Math. an der Univ.	Neuchâtel	—	1907
»	**Dürst, Ulrich,** Dr., Prof. Zool. an der Universität	Bern	—	1899
»	**Dürsteler, Wilhelm,** Dr., Chemiker	Thalwil	—	1910
»	**Eder, Rob.,** Dr., Prof. f. Pharm. a. d. Techn. Hochschule	Schönleinstrasse 22	7	1915
Frl.	**Egli, Amélie,** Lehrerin	Freiestr. 152	7	1918
Hr.	**Egli, Karl,** Dr., Prof. am kant. Gymnasium	Haldenbachstrasse 33	6	1905
»	**Egli, Max,** Dr., Prof. am kant. Gymnasium	Herrliberg	—	1910
»	**Ehrhardt, Jakob,** Dr. med. vet., Prof. a. d. Universität	Weinbergstr. 74	6	1903
»	**Engel, Emil,** Sekundarlehrer	Blümlisalpstr. 66	6	1917
»	**Engler, Harry,** Dr. phil., Chemiker	Hönggerst., Altst. b. Z.	—	1918
»	**Erb, Josef,** Dr., Geologe, Atjebstraat 54	Den Haag (Holland)	—	1899
»	**Ernst, Alfred,** Dr., Prof. Bot. an der Universität	Zollikon, Höhestr. 66	—	1901
»	**Ernst, Heinrich,** Dr., Regierungsrat	Sonneggstrasse 61	6	1905
»	**Ernst, Julius Walter,** Ingenieur	Freiestrasse 21	7	1900
»	**Escher, Berend,** Dr. sc. nat., Bataafsche Petroleum My.	Weltevreden, Java	—	1910
»	**Escher-Schindler, Conrad,** Oberstlt., Geol.	Seilergraben 1	1	1915

			Stadtkr. Zürich	Mitglied seit
Hr.	**Escher-Kündig, Jakob Christof,** Dr., Entomolog . .	Gotthardstrasse 35 .	2	1883
»	**Escher-Pestalozzi, Eduard,** Kaufmann	Bergstrasse 114 . .	7	1917
»	**Escher, Hermann,** Dr., Direktor der Zentralbibliothek	St. Urbangasse 6 . .	1	1911
»	**Escher, Heinrich Hermann,** Dr., Chem.	Zederstr. 14 . . .	7	1918
»	**Escher, Rudolf,** Prof. Technol. a. d. techn. Hochschule .	Kapfstrasse 25 . .	7	**1874**
»	**Escher, Wilhelm Caspar**	Scheideggstrasse 22 .	2	1911
»	**Farny, Jean Lucien,** Prof. Elektr. a. d. techn. Hochschule	Fehrenstrasse 23 . .	7	1912
»	**Feer, Emil,** Dr. med., Prof. an der Universität . .	Freiestrasse 108 . .	7	1911
»	**Fehlmann, J. Werner,** Dr., Privatdozent an der techn. Hochschule	Schaffh., Nordstr. 70a	—	1915
»	**Feix, Richard,** Direktor der Petroleum-Import-Co. .	Splügenstrasse 10 .	2	1914
»	**Felix, Florian,** Dr. med., Arzt	Wädenswil	—	1910
»	**Felix, Walter,** Dr. med., Prof. an der Universität .	Köllikerstrasse 7 . .	7	1891
»	**Fenner, Karl,** Dr., Prof. am kant. Gymnasium . .	Freiestrasse 211 . .	7	1905
»	**Ferraris, Erminio,** dipl. Bergingenieur	Freiestrasse 42 . .	7	1911
»	**Field, Herbert Haviland,** Dr., Dir. d. Concil. Bibliogr.	Köllikerstrasse 9 . .	7	1899
»	**Fierz-David, Hans Eduard,** Dr., Prof. f. Chem. a. d. E.T.H.	Kilchberg b. Zch. .	—	1917
»	**Fingerhuth, Max,** Dr. med.	Feldeggstrasse 80 .	8	1905
»	**Fischer-Reinau, Ludwig,** Dr. phil., Ing.	Bleicherweg 13 . .	1	1918
»	**von Fleischl, Otto,** Dr. med., Esplanade, Locarno (von März 1919 an Stockerstr. 32)	. . . . .	—	1918
»	**Fleischmann, Carl,** Apotheker	Rigistrasse 52 . .	6	1915
»	**Fliegner, Alb.,** Dr., a. Prof. Maschinenbau	Via Trevano 9, Lugano	—	**1870**
»	**Flückiger, Otto,** Dr., Prof. an der höhern Töchterschule	Witikonerstr. 64 . .	7	1910
»	**Flury, Philipp,** Dr. h. c., Adj. d. eidg. forstl. Vers.-Stat.	Hadlaubstr. 108 . .	6	1888
»	**Franel, Jérome,** Dr., Prof. Math. an d. techn. Hochschule	Biberlinstrasse 25 .	7	1892
»	**Frank, Ludwig,** Dr. med.	Zürichbergstrasse 45 .	7	1910
»	**Frey, Hans,** Dr., Prof. am kant. Lehrerseminar . .	Küsnacht b. Zch. . .	—	1896
Frl.	**Frey, Hedwig,** Dr., Assistent am anat. Institut der Universität	Mittelbergstrasse 17 .	7	1912
Hr.	**Frei, Walter,** Dr. med. vet., Prof. an der Universität	Zollikon, Höhestr. 68	—	1912
»	**Frick, Theodor,** Dr. D. S., Zahnarzt	Bergstrasse 86 . .	7	1900
»	**Friedländer, Immanuel,** Geologe, Rütistr. 68 (vom Frühjahr 1919 an Zürichbergstr. 118) . . .	. . . . .	7	1915
»	**Fritschi, Friedrich,** Nationalrat	Steinwiesstrasse 18 .	7	1892
»	**Fritz, Franz,** Dr., Tierarzt	Forchstrasse 151 . .	7	1914
»	**Froebel, Robert,** Gartenarchitekt	Moussonstr. 15 . .	7	1918
»	**Froehner, Julius,** Dr. med., Zahnarzt	Peterstrasse 1 . . .	1	1911
»	**Froelich, Friedrich,** Chem.	Kappelergasse 16, III	1	1914
»	**Früh, Jakob,** Dr., Prof. Geogr. an der techn. Hochschule	Freiestrasse 6 . . .	7	1895
»	**Fueter, Rudolf,** Dr., Prof. Math. an der Universität	Rigistrasse 34 . . .	6	1917
»	**Furrer, Ernst,** Dr., dipl. Fachlehrer f. Naturwissensch.	Affoltern b. Z. . .	—	1913
»	**Gampert, Paul,** Kaufmann	Gartenstrasse 36 . .	2	1915
»	**Gams, Edmund,** Maschineningenieur	Seegartenstrasse 2 .	8	1917
»	**Gams, Hellmut,** Dr., Bot.	Theaterstr. 12 . .	1	1912
»	**Ganz, Emil,** Kaufmann	Wonnebergstr. 67 .	8	1905
»	**Gassmann, Theodor,** Dr. phil.	Wilfriedstrasse 9 . .	7	1905
»	**Gaule, Georg Justus,** Dr. med., a. Prof. a. d. Universität	Zürichbergstrasse 130	7	1887
»	**Geilinger, Walter,** Dr. med.	Talacker 34 . . .	1	1917
»	**Geiser, Karl Friedrich,** Dr., a. Prof. Math.	Küsnacht b. Zch. . .	—	1883

		Stadtkr. Zürich	Mitglied seit
Hr. **Gerlach, Rudolf,** Dr., Prof. am kant. Lehrerseminar .	Küsnacht b. Zch. . .	—	1905
» **Gerwer, Friedrich,** Ingenieur	Ebelstrasse 11 . . .	7	1914
» **Giger, Emil,** Dr. rer. nat., Prof. höh. Töchtersch.	Asylstr. 17	7	1918
» **Glauser, Rudolf,** dipl. Chemiker	Dornach, Soloth. . .	—	1912
» **Gnehm, Robert,** Dr., a. Prof., Präs. d. schw. Schulrates	Eidmattstrasse 26 .	7	**1873**
» **Gogarten, Emil,** Dr., Geologe, Villa Philatelie . .	Luzern	—	1907
» **von Gonzenbach, Willy,** Dr. med.	Gloriastrasse 59 . .	7	1912
» **Graemiger, Benjamin,** Ingenieur	Höngg, Zürcherstr. 181 .	—	1914
» **Graf, Arthur,** Dr., Sekundarlehrer	Bauma	—	1913
» **v. Graffenried, Alfred,** dipl. ing. chem.	Richterswil . . .	—	1918
» **Gramann, August,** Dr., Sekundarlehrer	Elgg, Kt. Zch. . . .	—	1899
» **Greinacher, Heinrich,** Dr., Prof. Physik	Gladbachstr. 62 . .	7	1915
» **Greiner, Paul,** Kaufmann	Kilchberg b. Zch. . .	—	1917
» **Grete, E. August,** Dr., Vorsteher d. agrikulturchem. Versuchsstation	Haldenbachstrasse 31	6	1894
» **Grisch, Andreas,** Dr., Assistent a. d. schweiz. Samenuntersuchungs- u. Versuchsanstalt	Oerlikon	—	1907
» **Grossmann, Marcel,** Dr., Prof. Math. a. d. techn. Hochschule .	Holderstr. 14 . . .	7	1908
» **Grubenmann, Ulrich,** Dr., Prof. Min. an beiden Hochschulen .	Titlisstrasse 60 . .	7	1893
» **Gschwind, Meinrad,** Dr. chem., Eidg. Prüfungs-Anstalt f. Brennstoffe .	—	6	1918
» **Guggenbühl, Adolf,** Ing.	Weinbergstrasse 113	6	1918
» **Guyer-Berchtold, Julius,** Nat.-Rat, Fabrikant . . .	Bächtoldstr. 6 . . .	7	1916
» **Guyer, Oskar,** Dr., Prof. a. d. kant. Handelsschule .	Pestalozzistrasse 33 .	7	1915
» **Gysi, Alfred,** Dr. D. S., Prof. a. d. Zahnarzt-Schule der Universität	Obere Zäune 10 . .	1	1893
» **Haab, Otto,** Dr. med., Prof. an der Universität . .	Pelikanstrasse 41 .	1	1880
» **Haas, de, Walter,** Redaktor d. techn. Monatshefte .	Männedorf, Landstr. 904 .	—	1911
Frl. **Habegger, Emma**	Gaswerk Schlieren .	—	1915
Hr. **Haffter, Paul J.,** per Adr. Herrn H. Nabholz . . .	Mühlebachstr. 82 .	8	1915
» **Halperin, Jakob,** Dr. med.	Uster	—	1910
» **Hanf, Ernst,** stud. med.	Universitätsstr. 51 . .	6	1917
» **Hauri, Hans,** Dr., Sekundarlehrer	St.Gallen, Florastr. 11	—	1911
» **Hauser, Adolf,** Apotheker	Gemeindestr. 7 . .	7	1918
» **Heberlein, Fritz,** Dr. Ing., Chemiker	Zollikerstr. 132 . .	8	1916
» **Heberlein, Hugo,** Kaufmann	Zollikerstr. 225 . .	8	1918
» **Hegi, Gust.,** Dr., Prof. Bot. an d. Universität, Tengstr. 18	München	—	1903
» **Heim, Arnold,** Dr., Geologe	Hofstrasse 100 . .	7	1906
» **Henny, Gerhard,** dipl. chem. Laboratoire de géologie de l'Université	Lausanne	—	1911
» **Henschen, Karl,** Dr. med., Prof.	St. Gallen	—	1910
» **Herb, Max,** Botaniker	Klosbachstr. 128 . .	7	1915
Frl. **Herder, Hermine,** Malerin, Villa Yalta	Seefeldstr. 287 . .	8	1916
Hr. **Herkenrath, Franz,** Ingenieur	Höngg, Zürcherstr. 387 .	—	1912
» **Herzfeld, Eugen,** Dr., Ass. am chem. Lab. d. Kantonssp.	Ekkehardstrasse 16 .	6	1911
» **Hescheler, Karl,** Dr., Prof. Zoolog. an beid. Hochschulen	Mainaustrasse 15 . .	8	1894
» **Hess, Gottfried,** Architekt	Nordstrasse 15 . .	6	1911
» **Hess, Walter,** Dr. med., Privatdozent a. d. Universität	Winterthurerstr. 40 .	6	1912
» **Heusser, Hans.** Dr., Oberassist. a. Kant. Tierspital	Muggenbühl . . .	2	1918
Frl. **Heydweiller, Erna Jenny,** Dr. Geologin, Viktoriastudienhaus, Berlinerstr. 37 38	Charlottenburg . .	—	1917

			Stadtkr. Zürich	Mitglied seit
Hr.	**Hilgard, Karl Emil,** a. Prof., Ingenieur-Konsulent	Klosbachstrasse 159	7	1910
»	**Hiller, Eduard,** Apotheker, Sonnenapotheke	Rämistrasse 7	1	1911
»	**Hirsch, Arthur,** Dr., Prof. Math. a. d. techn. Hochschule	Reinacherstrasse 8	7	1903
»	**Hirschfeld, Ludwig,** Dr. med., Assist. am Hygien. Institut der Universität	(landesabwesend)	—	1912
»	**Hirschi, Hans,** Dr., Geologe	Braunwald (Glarus)	—	1915
»	**Hirzel, Hermann,** Dr. ing., Chemiker	Winkelwiese 5	1	1918
»	**Höhn, Walter,** Sekundarlehrer	Kurvenstrasse 40	6	1910
»	**Hofer, Hans,** Lithographie-Besitzer	Küsnacht	—	1912
»	**Hofmeister, Eduard**	Freigutstr. 16	2	1918
Frl.	**Hofmeister, Sara**	Hottingerstr. 11	7	1918
Hr.	**Holliger, Wilhelm,** Dr., Seminarlehrer	Wettingen	—	1896
»	**Hottinger, Rudolf,** Dr. med., Privatdozent f. Urologie an der Universität	Voltastrasse 27	7	1917
»	**Hubacher, Karl,** Dr., Kantonsapotheker	Belsitostrasse 20	7	1912
»	**Huber-Stockar, Emil,** Ingenieur	Neumünsterallee 12	8	1888
»	**Huber-Pestalozzi, Gottfried,** Dr. med. et phil.	Englischviertelstr. 61	7	1915
»	**Huber, Hans,** Dr. med., Sanatorium	Kilchberg b. Zch.	—	1910
»	**Huber, Max,** Dr. jur., Prof. der Rechte an der Univers.	Schloss Wyden b. Ossingen	—	1910
»	**Huber, Robert,** Dr., Prof. am kant. Gymnasium	Streulistrasse 16	7	1910
»	**Hürlimann, Hans** Dr., Chemiker	Brandschenkestr. 160	2	1917
»	**Hug, Jakob,** Dr., Sekundarlehrer	Schindlerstrasse 16	6	1910
»	**Huguenin, Gustav,** Dr. med., Prof.	Bergstrasse 50	7	**1878**
»	**Hunziker, Edwin,** Ing. der Schweiz. Geodät. Komm.	Lindenbachstr. 50	6	1917
»	**Hurwitz, Adolf,** Dr., Prof. Math. a. d. techn. Hochschule	Bächtoldstrasse 11	7	1892
»	**Imhof, Othmar Emil,** Dr.	Königsfelden-Brugg	—	1882
»	**Jabs, Asmus,** techn. Direktor	Alpenstrasse 3	2	1905
»	**Jaccard, Paul,** Dr., Prof. Bot. an der techn. Hochschule	Konkordiastrasse 12	7	1903
»	**Jaeger, Carl,** Dr., Chemiker, Schwandenweg 8	Kilchberg b. Z.	—	1915
»	**Jænike-Schneider, Emil,** Privatlehrer	Freiestrasse 34	7	1908
»	**Jantsch, Gustav,** Dr., Privatdoz. Chem. a. d. Universität	(landesabwesend)	—	1910
»	**Jeannet, Alphonse,** Dr., Geologe d. Schweiz. Geolog. Kommission, Haldenweg 5	Kilchberg b. Zch.	—	1913
»	**Jenny-Tschudi, Daniel,** Fabrikant	Glarus	—	1911
Frl.	**Josephy, Gretel,** cand. phil.	Rütistr. 4	7	1918
Hr.	**Karrer, Paul,** Dr., Prof. Chemie a. d. Universität	Scherrstr. 7	6	1918
»	**Keer, Arnold,** Chemiker	Kilchberg b. Zch.	—	1910
»	**Keller, Konrad,** Dr., Prof. Zool. an der techn. Hochschule	Forchstrasse 118	7	**1875**
»	**Keller, Konrad,** Landwirt	Guggachstrasse 12	6	1902
»	**Kiefer, Adolf,** Dr., Prof. am Institut Konkordia	Minervastrasse 149	7	1894
»	**Kienast, Alfred,** Dr., Privatdoz. Math. an der techn. Hochschule	Küsnacht b. Zch.	—	1905
»	**Klages, Wilhelm,** Hütteningenieur	Schwarzackerstr. 375, Wallisellen		1912
»	**Kleiber, Albert,** Dr.	Kirchgasse 13	1	1893
»	**Klett, Max,** Dr., Chemiker	Heliosstrasse 6	7	1911
»	**Klinger, Rudolf,** Dr. med., Assistent am Hyg.-Institut	Höhenweg 18	7	1911
»	**Klöti, Eugen,** Ass. f. Entom. a. d. E. T. H.	Oerlikon, Schulstr. 34	—	1915
»	**Knabenhans, Alfred,** Dr., Ethnologe	Zollikon, Bergstr. 225	—	1916

			Stadtkr. Zürich	Mitglied seit
Hr.	**Knopfli, Walter,** Dr. Zoologie	Stauffacherstrasse 9	4	1913
»	**Koch, Helmut,** dipl. Ing.	Freigutstrasse 9	2	1917
»	**Koch, Wilhelm,** Optiker	Bahnhofstr. 11	1	1918
»	**Kœlsch, Adolf,** Dr., naturwiss. Schriftsteller	Rüschlikon	—	1910
»	**Kopp, Robert,** Dr., Prof. an der Kantonsschule	St. Gallen	—	1896
»	**Korda, Désiré,** Ing. Elektr., Priv.-Doz. a. d. E. T. H.	Bahnhofstr. 30	1	1916
»	**Künzli, Emil,** Dr., Prof. an der Kantonsschule	Solothurn	—	1901
»	**Küpfer, Max,** Dr., Assistent a. zool. vergl.-anat. Inst. d. Univers.	Klausstrasse 20	8	1911
»	**Kubly, F. Wala,** Dr. med.	Bellerivestr. 38	8	1916
»	**Kummer, Walter,** Dr., Ing.-Kons., Prof. a. d. techn. Hochschule	Mythenstrasse 15	2	1910
»	**Kummer-Weber, Wilhelm,** Pflanzer	Carmenstrasse 15	7	1914
»	**Kunz, Carl,** Dr., Privatlehrer	Crêts de Champel 4, Genf	—	1911
»	**Kym, Otto,** Dr., Chemiker	Schulhausstrasse 23	2	1910
»	**Lämmel, Rudolf,** Dr., Direktor des Schiller-Heim	Feldmeilen (Zürichsee)	—	1906
»	**Landolt-Locher, Paul,** Kaufmann	Asylstr. 31	7	1918
Frl.	**Lange, Mathilde M.,** cand. phil.	Schönleinstr. 8	7	1918
Fr.	**Lauer-Abramovicz, Helene,** Dr., Assist. anthrop. Institut a. d. Universität	Spyristr. 11	6	1917
Hr.	**Lautenbach, Max,** Dr. jur.	Bolleystrasse 30	6	1912
»	**Lebedinsky, Nahum, G.,** Dr., Zool. Anstalt	Basel, Austr. 81	—	1909
»	**Leupold, Karl,** Gutsbesitzer	Rigiplatz 1	6	1918
»	**Leuzinger, Rud.,** Vorst d. kant. Mädchen-Erz.-Anst.	Mollis	—	1909
»	**Liebmann, Erich,** Dr. med., Assist. an der med. Klinik	Kantonsspital	7	1912
»	**Lifschitz, Israel,** Dr., Priv.-Doz. Chem. a. d. Univers.	Universitätsstr. 27	6	1917
»	**Locher, Fritz,** dipl. Ing.	Aubrigstr. 10	2	1917
»	**Löwensberg, Paul,** Dr. med.	Sissach (Baselland)	—	1912
»	**Lüdin, Emil,** Dr., Prof. an der kant. Industrieschule	Stolzestrasse 14	6	1896
»	**Lüthy, Adolf,** Dr., Prof. an der höh. Töchterschule	Streulistrasse 35	7	1904
»	**Lunge, Georg,** Dr., a. Prof. Chem.	Carmenstrasse 37	7	**1876**
»	**Maier, Hans W.,** Dr. med., Prof., Dozent d. Psychiatrie	Burghölzli	8	1909
»	**Mark-Bechtold, André,** Dr. med.	Bahnhofstrasse 55	1	1915
»	**Maurer, Julius,** Dr., Direkt. d. Meteor. Zentr.-Anst.	Merkurstr. 70	7	1881
»	**Medicus, Fritz,** Dr., Prof. Philos. a. d. techn. Hochschule	Rüschlikon, Seestrasse 33	—	1911
»	**Meierhofer, Hans,** Dr., Prof. a. d. höhern Töchterschule	Reinacherstrasse 18	7	1908
»	**Meissner, Ernst,** Dr., Prof. Mech. an der techn. Hochschule	Zollikon, Küttstrasse 313	—	1910
»	**Meister, Friedrich,** Sekundarlehrer	Horgen	—	1893
»	**Meister, Otto,** Dr., Chemiker	Universitätsstrasse 89	6	1893
»	**Mende-Ernst, Theodor,** Dr. med.	Dreikönigstrasse 37	2	1883
»	**Mertens, Walter,** Gartenarchitekt	Asylstrasse 114	7	1910
»	**Messikommer, Heinrich,** Antiquar	Hechtplatz 1	1	1910
»	**v. Meyenburg, Hanns,** Dr. med., I. Ass. am pathol. Inst.	Schaustr. 16	1	1916
»	**Meyer, Edgar,** Dr., Prof. am Physikal. Institut d. Universität	Kraftstrasse 48	7	1907
»	**Meyer-Schärer, Emil,** Dr., städt. Schulsekretär	Bürglistrasse 25	2	1907
Frl.	**Meyer, Frieda,** cand. zool.	Eidmattstrasse 38	7	1912
Hr.	**Meyer-Rüegg, Hans,** Prof., Dr. med., Priv.-Doz. a. d. Univ.	Freiestrasse 116	7	1910
»	**Meyer, Heinrich,** Dr., Chemiker	Plattenstr. 34	7	1918
	Meyer-Hürlimann, Karl, Dr. med.	Hottingerstrasse 20	7	1901

			Stadtkr. Zürich	Mitglied seit
Frl.	**Meyer, Martha,** Lehrerin.	Minervastrass 128 .	7	1917
Hr.	**Minder, Leo,** Dr., Adjunkt d. Stadtchemikers . .	Schaffhauserstr. 76 .	6	1918
»	**Minkowski, Mieczyslaw,** Dr. med., Priv.-Doz. f. Hirnl. a. d. Univ.	Physikstrasse 6 . .	7	1917
»	**Monakow, Konstantin von,** Dr. med., Prof. a. d. Universität .	Dufourstrasse 116 .	8	1887
»	**Monnier, Eduard,** Dr. med., Priv.-Doz. f. Chirurgie a. d. Univers.	Bleicherweg 15 . .	2	1917
»	**Morton, Friedrich,** Dr., Bot. Inst. k. k. Universität .	Wien I, Rennweg 14	—	1915
»	**Mühleder, Hans,** Masch.-Ing.	Wallisellen, Schwarzackerstr. 371	—	1918
»	**Müller, Albert,** Buchhändler	Nägelistrasse 9 . .	7	1905
»	**Müller, Alexander,** Dr., Phys.	Kurhausstrasse 8 . .	7	1911
Frl.	**Müller, Charlotte,** Dr. med., Ärztin	Gœthestrasse 10 . .	1	1911
Hr.	**Müller, Heinrich,** a. Chemiker	Susenbergstrasse 173	6	1912
»	**Müller-Thurgau, Hermann,** Dr., Direkt. d. Schw. Versuchsanstalt für Obst-, Wein- und Gartenbau . .	Wädenswil	—	1891
»	**Müller, Marcus,** Lehrer	Witikon	—	1913
»	**Muralt, Wilhelm von,** Dr. med.	Rämistrasse 18 . .	7	1883
»	**Naef, Adolf,** Dr., Priv.-Doz. f. Zoologie a. d. Universität	Treichlerstr. 3 . .	6	1916
»	**Naef-Werner, Paul,** a. Oberförster und Pflanzer .	Küsnacht	—	1918
»	**Naegeli, Otto,** Dr. med., Prof. a. d. Universität .	Voltastr. 55 . . .	7	1918
»	**Nänni, Jakob,** Dr., dipl. Fachlehrer f. Naturwissensch.	Russenweg 12 . . .	8	1913
»	**Nager, Felix Rudolf,** Prof. Dr. med., Dozent für Oto-, Rhino- u. Laryngologie an der Universität . . .	Freiestrasse 20 . .	7	1917
»	**Narutowicz, Gabr.,** Ing., Prof. an der techn. Hochsch.	Tobelhofstrasse 34 .	7	1912
»	**Niggli, Paul,** Dr., Prof. a. Institut f. Miner. u. Petrogr.	Universität Tübingen	—	1913
»	**Ogushi Kikutaro,** Dr., Prof. der Anatomie . . .	Osaka (Japan) . . .	—	1913
»	**Oppliger, Fritz,** Dr., Prof. am kant. Lehrerseminar .	Küsnacht b. Zch. . .	—	1893
»	**Orthner, Rudolf,** Dr. Chem.	(landesabwesend) .	—	1916
»	**Oswald, Adolf,** Dr. med., Privatdoz. an der Universit.	Hofstrasse 78 . . .	7	1903
»	**Ott, Emil,** Dr. ès sciences, Chemiker	Schlieren, Industriestrasse	—	1918
»	**Ott, Hans,** Direktor der Ott-Toblerschen Privatschule	Kapfstrasse 16 . .	7	1910
»	**Panchaud de Bottens, Adalbert,** Dr. phil. u. med. . .	Seefeldstrasse 33 . .	8	1911
»	**Paravicini, Eugen,** Dr., Versuchsanstalt Wädenswil	Wädenswil	—	1917
»	**Pestalozzi-Bürkli, Anton,** Dr.	Löwenstrasse 21 . .	1	1903
Frl.	**Peter, Margarethe,** Lehrerin	Töchterinstitut Fetan	—	1911
Hr.	**Peyer, Bernh.,** Dr., Privatdozent Zool. a. d. Univers.	Schönleinstr. 8 . .	7	1918
»	**Pfenninger, W.,** Dr. med. vet., Ass. a. vet.-pat. Institut	Brandschenkestr. 49	2	1918
»	**Pfister, Gottfried,** Dir. Allg. Maggi-Ges.	Kempttal	—	1918
»	**Pfister, Johann,** Ingenieur	Küsnacht b. Zch. . .	—	1915
Frl.	**Pfister, Martha,** Lehrerin	Oerlikon	—	1911
Hr.	**Pfleghard, Otto,** Architekt	Zollikerstr. 245 . .	8	1918
»	**Piccard, Aug.,** Dr., Prof., Doz. f. Physik a. d. techn. Hochschule	Schönleinstrasse 11 .	7	1912
»	**Platter, Bruno,** Assist. d. Schweiz. Agr.-chem. Anstalt	Asylstr. 98	7	1916
»	**Prášil, Franz,** Dr., Prof. Masch. a. d. techn. Hochschule	Heuelstrasse 51 . .	7	1894
»	**Preiswerk, Heinrich,** cand. Masch.-Ing.	Universitätstr. 52 .	6	1917
»	**Quervain, Alfred August de,** Dr., Prof. Met., Adjunkt der meteorologischen Zentral-Anstalt	Gloriastrasse 68 . .	7	1907
»	**Rascher, Max,** Buchhändler	Rathausquai 20 . .	1	1905
»	**Raths, Jakob,** Sekundarlehrer	Streulistrasse 31 . .	7	1897

		Stadtkr. Zürich	Mitglied seit
Frl. **Rauch, Aline,** Lehrerin	Weststr. 60	3	1918
Hr. **Redeker, August,** Apotheker	Bremen-Hemelingen	—	1913
» **Rehsche, Sylvester,** Rechtsanwalt a. D., Hofrat	Mythenstr. 1	2	1916
» **Rehsteiner, Hugo,** Dr., Präs. d. St. Gall. Naturw. Ges.	St. Gallen, Eschenstr. 1	—	1918
» **Reitz, Wilhelm,** Oberingenieur	Schipfe 29	1	1904
» **Resch, Alfred,** Dr. med.	Fraumünsterstr. 8	1	1916
» **Riese, Heinrich,** Ingenieur	Enzenbühlstr. 93	8	1915
» **Rikli, Martin,** Dr., Prof. Bot. an d. techn. Hochschule	Brandschenkesteig 12	2	1894
» **Ris, Friedrich,** Dr. med., Direktor der Pflegeanstalt	Rheinau	—	1892
» **Ritzmann, Emil,** Dr. med.	Bahnhofstrasse 58	1	1889
» **Rohn, Arthur,** Prof. Masch. an der techn. Hochschule	Blümlisalpstrasse 11	6	1912
» **Rollier, Louis,** Dr., Prof. Geol. a. d. techn. Hochschule	Sonneggstr. 13	6	1905
» **Roothaan, Hans Philipp,** cand. phil., Geologe	Hadlaubstrasse 7	6	1917
» **Roth, Otto,** Dr. med., Prof. Bakt. an d. techn. Hochsch.	Engl. Viertelstr. 54	7	1891
» **Roth, Wilhelm,** Dr. med.	Plattenstrasse 34	7	1910
» **Rothpletz, Gottlieb Friedrich,** Garteninspektor	Belvoirpark	2	1903
Fr. **Rotszajn, Sophie,** cand. phil.	Schönleinstrasse 8	7	1911
Hr. **Ruckstuhl, Werner,** Dr., Chemiker	Klosbachstr. 48	8	1917
» **Rudolph-Schwarzenbach, Eduard,** Kaufmann	Scheideggstrasse 45	2	1912
Frl. **Rübel, Cecile**	Zürichbergstr. 35	7	1918
Hr. **Rübel, Eduard,** Dr., Geobotaniker	Zürichbergstrasse 30	7	1903
Frl. **Rübel, Helene**	Zürichbergstr. 35	7	1918
Hr. **Rüeger, Armin,** Apotheker, z. Rebstock	Bischofszell	—	1911
» **Rüst, Ernst,** Dr., Prof. an der kant. Handelsschule	Hadlaubstrasse 106	6	1910
» **Ruge, Georg,** Dr. med., Prof. an der Universität	Rigistrasse 35	6	1898
» **Rusterholz, Arnold,** Prof. Vet. med. an der Universität	Tödistrasse 41	2	1910
» **Rutgers, Fritz,** Ingenieur, Zürichstrasse 11	Oerlikon	—	1915
» **Rutishauser, Friedrich,** Sekundarlehrer	Winterthurerstr. 58	6	1916
» **Salis, Theophil,** Apotheker	Werdstrasse 5	4	1917
» **Sammet, Otto,** Dr., Apotheker	Neue Beckenhofstr. 42	6	1912
» **Sauerbruch, Ferdinand,** Dr. med., Prof. a. d. Univ.	München	—	1911
» **Schäppi, Theodor,** Dr. med. et phil.	Sprensenbühlstr. 7	7	1904
» **Schärtlin, Georg Gottfried,** Dr., Direkt. d. Rentenanst.	Mythenstr. 1	2	1894
» **Schardt, Hans,** Dr., Prof. Geol. an beiden Hochschulen	Voltastrasse 18	7	1911
» **Schaufelberger, Wilhelm,** Dr.	Neue Beckenhofstr. 14	6	1902
» **Schellenberg, Hans,** Dr., Prof. Ldw. an der techn. Hochschule	Hofstrasse 63	7	1895
» **Schellenberg, Kaspar,** Dr., Tierarzt	Hofstrasse 65	7	1896
» **Schindler-Stockar, Dietrich,** Dr. jur., Rechtsanwalt	Rämistrasse 2	1	1911
» **Schindler, Konrad,** Dr. med.	Seegartenstrasse 2	8	1907
» **Schlaginhaufen, Otto,** Dr., Prof. Anthrop. a. d. Univ.	Zollikerstr. 136	8	1904
» **Schläpfer, Paul,** Dr., Dir. d. Eidg. Prüfungsanst. f. Brennst. a. d. E.T.H.	Winterthurerstr. 47	6	1917
» **Schleich, Karl,** Dr., Chemiker	Kemptthal	—	1918
» **Schmid, Ed.,** Dr., Prof. an der kant. Industrieschule	Kilchbergstrasse 15	2	1905
» **Schmid, Iwan,** Kaufmann	Hadlaubstrasse 106	6	1915
» **Schmidt, Oscar,** Dr., Direkt. d. Akkumul.-Fabr. Oerlikon	Scheideggstrasse 35	2	1900
» **Schmuziger-Staeheli, A.,** Direktor der Akt.-Ges. Schmuziger & Co.	Mühlebachstr. 174	8	1918
» **Schnorf, Carl,** Dr. med. vet.	Bergstr. 3	7	1918

			Stadtkr. Zürich	Mitglied seit
Hr.	**Schoch-Etzensperger, Emil,** Dr.	Klosters	—	1898
»	**Schöller, Walter,** cand. chem.	Hohenbühlstr. 16	7	1910
»	**Schöllhorn, Fritz,** Brauereileiter, Winterthur und	Bahnhofplatz 2	1	1917
»	**Schoop, Max Ulrich,** Physiker	Hardturmstrasse 82	5	1912
»	**Schröter, Carl,** Dr., Prof. Bot. a. d. techn. Hochsch.	Merkurstrasse 70	7	**1878**
»	**Schüepp, Otto,** Dr., Botaniker, Baselstr. 119, Allschwil	b. Basel	—	1917
»	**von Schulthess-Schindler, Anton,** Dr. med.	Kreuzbühlstrasse 16	8	1889
»	**Schulthess-Hünerwadel, Hans,** Verlags-Buchhändler	Rämistrasse 52	7	1910
»	**Schultz, Gustav,** Kaufmann, Böndlerstr. 6	Kilchberg	—	1918
»	**Schuppli, Hans,** cand. phil.	Blumenweg 15	8	1918
»	**Schwarz, Emil,** Dr. med., Bezirksarzt	Seidengasse 9	1	1910
»	**Schwarzenbach-Fürst, Arnold**	Kilchberg b. Z., Seewart	—	1916
»	**Schwarzenbach, Ernst,** Dr. med.	Stockerstrasse 32	2	1907
»	**Schweitzer, Alfred,** Dr., Prof. Phys. an der techn. Hochschule	Möhrlistrasse 69	6	1902
»	**Schweizer, Robert,** Dr. med.	Stadelhoferstrasse 15	1	1910
»	**Schwyzer, Fritz,** Dr. med.	Kastanienbaum b. Luzern	—	1912
»	**Schwyzer-Ellsworth, Fritz,** Kaufmann	Gartenstrasse 14	2	1913
Frl.	**Schwyzer, Jeanne,** cand. chem.	Winkelwiese	1	1915
Hr.	**Seeberger, Xaver,** Dr. med. vet.	Trottestr. 11	6	1918
»	**Seiferle, Eugen,** stud., Villa Forst	Kemptthal	—	1918
»	**Seiler, Ulrich,** Dr., Prof. am kant. Gymnasium	Pestalozzistrasse 29	7	1901
»	**Seitz, Johann,** Dr. med.	Plattenstrasse 86	7	**1874**
»	**Sidler, Ernst,** Prof. Dr. med., Doz. f. Augenheilk. a. d. Univ.	Glärnischstrasse 40	2	1917
»	**Sigerist, Henry E.,** Dr. med.	Voltastr. 16	7	1918
»	**Sigg, Hermann Otto,** Kaufmann, alte Landstr. 110	Küsnacht (Zürich)	—	1918
Fr.	**Sigg, Martha,** alte Landstrasse 110	Küsnacht (Zürich)	—	1918
Hr.	**Silberschmidt, William,** Dr. med., Prof. an der Univ.	Zürichbergstrasse 54	7	1903
»	**Speckert, Joseph,** Dr. med.	Stadthausquai 3	1	1912
»	**Speiser, Andreas,** Dr., Prof. Math. a. d. Universität	Rigistr. 9	6	1918
»	**Sperber, Joachim,** Dr., Fachlehrer	Büchnerstrasse 16	6	1898
»	**Sponagel, Paul,** Dr., Chemiker	Bellariastr. 69	2	1914
Frl.	**Stadtmann, Doris,** stud. med.	Bergstr. 5	7	1918
Hr.	**Stähli, Jean,** Dr. med., Priv.-Doz. f. Augenheilkunde a. d. Universität	Hadlaubstrasse 7	6	1917
Fr.	**Staub, Alma Clara,** Ass. a. d. Eidgen. Sternwarte	Eidgen. Sternwarte	7	1918
Hr.	**Staub, Hans,** cand. chem.	Gladbachstr. 54	7	1917
Fr.	**Staub-Elmenhorst, Mary Ellen**	Palmengasse 8	1	1914
Hr.	**Staub, Rudolf,** Dr., Geologe	Rieslingstr. 8	7	1911
Fr.	**Staub-Wagopoff, Sara,** cand. geol.	Rieslingstr. 8	7	1911
Hr.	**Staub, Walter,** Dr. sc. nat., Geologe, Compania de Petroleo la Corona, Aportado Postal No. 238	Tampico, Mexico	—	1911
»	**Staudinger, Herm.,** Dr., Prof. der Chemie an der techn. Hochschule	Hadlaubstrasse 81	6	1912
»	**Stebler, F. G.,** Dr.	Walchestrasse 21	6	1879
»	**Stebler, Karl,** Lehrer	Gladbachstrasse 76	7	1895
»	**Steiger, Adolf,** Dr. med.	Goldauerstrasse 7	6	1905
»	**Steiger, Karl,** Kunstmaler	Kilchberg b. Zch.	—	1910
»	**Steiner, Gotthold,** Dr.	Thun, Krankenhausstr. 30	—	1911
»	**Steiner, Hans,** cand. phil.	Turnerstrasse 42	6	1912

			Stadtkr. Zürich	Mitglied seit
Hr.	**Stierlin, Hans,** Dr., Prof. am kant. Gymnasium . .	Culmannstrasse 71	6	1910
»	**Stodola, Aurel,** Dr., Prof. Masch. a. d. techn. Hochschule	Freiestrasse 62 . .	7	1894
»	**Stoll, Hermann,** Dr. jur., Industrieller	Lavaterstr. 15 . . .	2	1918
»	**Stoll, Otto,** Dr. med., a. Prof. der Geogr.	Klosbachstrasse 75 .	7	**1875**
»	**Stoppani, Giovanni Ambrosio,** Dr. med., Prof. an der Zahnarztschule der Universität	Bahnhofstrasse 30 .	1	1903
»	**Straessle, Anton,** Kaufmann	Alpenstr. 33 . . .	2	1918
»	**Strohl, Hans,** Dr., Prof. Zool. a. d. Universität .	Kapfsteig 50 . . .	7	1907
»	**Suter, Heinrich,** Dr., Prof. am kant. Gymnasium . .	Arlesheim	—	**1871**
»	**Szávits, Stephan,** Dipl.-Ing., Gajeva ulica 20, Zagreb (Kroatien) . . .		—	1917
»	**Täuber, Karl Paul,** Ingenieur	Rotbuchstrasse 32 .	6	1910
»	**Thalmann, Joh.,** Ingenieur	(landesabwesend) .	—	1914
»	**Thellung, Albert,** Dr., Priv.-Doz. Bot. a. d. Univ. .	Hegibachstrasse 42 .	7	1911
Frl.	**Thurnheer, Anna,** cand. phil.	Wohlen (Aarg.) . .	—	1918
Hr.	**Tobler, Adolf,** Dr., Prof. Elektr. a. d. techn. Hochschule	Winkelwiese 4 . .	1	**1873**
»	**Treadwell, William D.,** Dr., Privatdoz. d. Chem. a. d. E. T. H.	Freudenbergstr. 146 .	6	1916
»	**Tröndle, Arthur,** Dr., Privatdoz. Bot. an der Univers.	Höhenweg 16 . . .	7	1915
»	**Trueb, Reinhold,** Ingenieur, Fabrikant	Hombrechtikon . .	—	1911
»	**Trümpler, Alfred,** Dr. sc. nat., diplom. Chemiker und diplom. Fachlehrer	Kasinostrasse 20 . .	7	1914
»	**Tschulok, Sinai,** Dr., Fachlehrer für Naturwissensch. und Privatdozent an der Universität	Gloriastrasse 68 . .	7	1909
»	**Ulrich, Alfred,** Dr. med., Leiter der Epilept. Anstalt	Südstrasse 150 . .	8	1903
»	**Ulrich, Emil Arnold,** Seidenfabrikant	Olgastr. 10	1	1918
»	**Ulrich, Konrad,** med. pract., Assistenzarzt am othologischen Institut	Basel, Kohlenbergstr. 31	—	1912
»	**Usteri-Pestalozzi, Eduard,** Oberst	Thalacker 5 . . .	1	1918
»	**Veraguth, Otto,** Dr. med., Prof. a. d. Universität . .	Ringgerstrasse 11 .	2	1903
»	**Vogel, Theodor,** Apotheker	Seefeldstrasse 81 . .	8	1916
»	**Volkart, Albert,** Dr., Vorstand d. Schweiz. Samenuntersuchungs- und Versuchsanstalt	Frohburgstrasse 67 .	6	1900
»	**Walser, Gaudenz R.,** cand. phil.	Schanzeneggstr. 3 .	2	1918
»	**Waser, Ernst,** Dr., Chemiker	Büchnerstrasse 22 .	6	1915
»	**Weber, Emil,** Dr., Sekundarlehrer	Hotzestrasse 48 . .	6	1911
»	**Wegmann, Gustav,** Ingenieur	Hofstrasse 132 . .	7	1898
»	**Wehrli, Hans,** Dr., Prof. Geogr. an der Universität .	Kurhausstrasse 11 .	7	1903
»	**Wehrli, Leo,** Dr., Prof. Geol. a. d. höh. Töchterschule	Hochstrasse 60 . .	7	1895
»	**Wehrlin, Kurt,** Dr. med.	Steinwiesstr. 17 . .	7	1917
»	**Weiss, Pierre,** Dr., Prof. Phys. an d. techn. Hochschule	Rigistrasse 14 . . .	6	1902
»	**à Wengen, Walter,** stud. chem.	Brandschenkesteig 12	2	1918
»	**Werner, Alfred,** Dr., Prof. Chem. an der Universität	Freiestrasse 111 . .	7	1892
»	**Wettstein, Ernst,** Dr., Prof. an der kant. Industrieschule . .	Attenhoferstrasse 34	7	1904
»	**Wettstein, Walter,** Sekundarlehrer	Ütlibergstr. 260 . .	3	1893
»	**Weyl, Hermann,** Dr., Prof. Math. a. d. techn. Hochsch. .	Schmelzbergstr. 20 .	7	1915
»	**Widmayer, Julius,** Kaufmann	Bionstr. 11 . . .	6	1918
»	**Widmer, Adolf,** Dr. med.	Freigutstrasse 5 . .	2	1916
»	**Wiederkehr, Rudolf,** Sekundarlehrer	Oberrieden b. Zch. .	—	1910
»	**Wiegner, Georg,** Dr., Prof. Agr. Chem. a. d. techn. Hochschule .	Neptunstr. 14 . . .	7	1913

			Stadtkr. Zürich	Mitglied seit
Hr.	**Wiesmann, Theodor,** Sekundarlehrer	Dreiwiesenstr. 9 .	7	1907
»	**Wild, Oscar,** Dr. med., Privatdoz. a. d. Universität	Steinwiesstrasse 31 .	7	1911
»	**Winterstein, Ernst,** Dr., Prof. Agr. Chem. a. d. techn. Hochschule	Physikstrasse 4 . .	7	1893
»	**Wolfer, Alfred,** Dr., Prof. Astron. an beiden Hochsch.	Sternwarte	6	1880
»	**Wolfer, Paul,** Dr. med.	Weinplatz 7 . . .	1	1916
»	**Wolfke, Mieczyslaw,** Dr., Priv.-Doz. Phys. beid. Hochsch.	Tiefegässchen 38 . .	6	1917
»	**Wünsche, Fritz,** Dr., Assistent am pharmakol. Inst. d. Universität	Ottikerstr. 53 . . .	7	1911
»	**Wyder, Theodor,** Dr. med., Prof. an der Universität	Eleonorenstrasse 2 .	7	1910
»	**v. Wyss, Georg,** stud. chem.	Bärengasse 19 . .	1	1918
»	**Wyss, Hans Osk.,** Dr. med., prakt. Arzt	Steinwiesstr. 37 . .	7	1918
»	**Wyss, Max Oskar,** Dr. med., Privatdoz. a. d. Univ.	Seefeldstrasse 23 . .	8	1910
»	**v. Wyss-Schindler, Wilhelm,** Dr., Prof., Rektor der höhern Töchterschule (ält. Abt.)	Winkelwiese . . .	1	1911
»	**Wyssling, Walter,** Dr., Prof. Elektr. an der techn. Hochschule .	Wädenswil	—	1893
»	**Zangger, Heinrich,** Dr. med., Prof. an der Universität	Bergstrasse 25 . .	7	1904
»	**Zehnder, Ludwig,** Dr., Prof. der Physik	Klosbachstr. 119 . .	7	1917
»	**Zeller-Williger, Erwin,** Ingenieur	Rütistrasse 10 . .	7	1915
»	**Zeller, Heinrich,** Dr. jur., Staatsanwalt	Hofstrasse 136 . .	7	1903
»	**Zietzschmann, Otto,** Dr., Prof. Vet. Med. a. d. Universität	Seefeldstrasse 115 .	8	1907
»	**Zölly-Veillon, Heinrich,** Ingenieur	Brunaustrasse 42 . .	2	1910
»	**Zollinger-Jenny, Ernst,** Fabrikant	Bellariastrasse 57 .	2	1884
»	**Zschokke, Erwin,** Dr. med., Prof. an der Universität	Selnaustrasse 36 . .	1	1889
»	**Zschokke, Markus,** Assist. a. vet.-anat. Instit. d. Univ.	Peterhofstatt 7 . .	1	1917
»	**Zschokke, Theod.,** Obstbautechniker a. d. eidg. Versuchsanstalt für Wein-, Obst- und Gartenbau . .	Wädenswil	—	1912
»	**Zuppinger, Emil,** Fabrikant	Wallisellen	—	1892
»	**Zürcher, Ernst,** Buchdrucker	Brunngasse 2 . . .	1	1906
»	**Zürcher, Joh. Friedr.**	Bühler, Appenzell .	—	1910
»	**Zweifel, Fritz,** Dipl.-Ing.	Sonnenberg . . .	7	1918

X.

Freie ausländische Mitglieder.

			Mitglied seit	Freie ausl. Mitgl.
Hr.	**Bühler, Anton,** Dr., Prof. Forstwiss. a. d. Universität	Tübingen . . .	1882	1914
»	**Bluntschli, Hans,** Dr. med., Prof. Zool. a. d. Univers., Gärtnerweg 54	Frankfurt a. M. .	1904	1916
»	**Disteli, Martin,** Dr., Prof. Math. a. d. techn. Hochschule, Kriegstr. 152	Karlsruhe . . .	1892	1914
»	**Driesch, Hans,** Dr., Uferstrasse 52	Heidelberg . . .	1892	1914
»	**v. Eggeling, Heinrich,** Dr. med., Prof. an d. Universität	Jena	1888	1914
»	**Emden, Rob.,** Dr., Prof. an d. techn. Hochsch. (Phys.), Habsburgerstr. 4	München . . .	1888	1914
»	**Ernst, Paul,** Dr. med., Prof. an d. Univers., Graimbergw. 8	Heidelberg . .	1901	1914
»	**v. Frey, Max,** Dr. med., Prof. an der Universität .	Würzburg . . .	1898	1914
»	**Goldschmidt, Heinrich,** Dr., Prof. Chem. a. d. Univers.	Christiania . .	1881	1914
»	**Höber, Rudolf,** Dr. med., Prof. an d. Univers. (Physiol. Inst.)	Kiel	1889	1914
»	**Jordan, Hermann,** Dr., Prof. Physiol., Frans Halsstraat 19	Utrecht	1903	1914
»	**v. Laue, Max,** Prof. Phys., Beethovenstrasse 33 . .	Frankfurt a. M. .	1912	1914

		Mitglied seit	Freie ausl. Mitgl.
Hr. **Lorenz, Richard,** Dr., Prof. Elektrochem. an der Univ.	Frankfurt a. M.	1897	1914
» **Martin, Paul,** Dr., Prof. Anat. a. d. Univers., Johannesstr. 15	Giessen	1889	1914
» **Martin, Rudolf,** Dr., Prof. Anthrop., Aubingerstr. 5	Pasing b. München	1890	1916
» **Maurizio, Adam,** Dr., Prof. Bot. a. d. k. k. Hochschule	Lemberg	1902	1914
» **Mollison, Theod.,** Dr., Anthrop., Panoramastrasse 22	Heidelberg-Rohrbach	1905	1914
» **Ribbert, Hugo,** Dr. med., Prof. an der Universität	Bonn	1893	1914
» **Schall, Karl,** Dr., Prof. Chem. an der Universität, Sternwartenstr. 79	Leipzig	1889	1914
» **Stix, Oswald,** Dr. ing., Ingenieur, Seidlgasse 14	Wien III	1908	1914
» **Weber, Friedr.,** Dr., Geologe, Nederlandsche Coloniale Petroleum Maatschappy, Koningsplein W 20	Batavia-Weltevreden	1904	1914
» **Wundt, Wilhelm,** Dr. med., phil. et jur., Prof. Philos. a. d. Univers.	Leipzig	**1874**	1914

XI.

A. Vorstand.

		Amtsjahr
Präsident:	Hr. **Rübel, E.,** Dr., Zürichbergstrasse 30	1918–1920
Vizepräsident:	» **Frei, W.,** Dr., Prof., Zollikon, Höhestr. 68	1918–1920
Sekretär:	» **Kienast, A.,** Dr., Küsnacht (Zürich)	1918–1924
Quästor:	» **Baumann-Naef, M.,** Dr., Tödistrasse 39	1914–1920
Redaktor:	» **Schinz, Hans,** Dr., Prof., Seefeldstr. 12	1918–1924
Vertreter in der Kommission der Zentralbibliothek:		
	Hr. **Rikli, M.,** Dr., Prof., Brandschenkesteig 12	1916–1922
Beisitzer:	» **Bosshard, E.,** Dr., Prof., Ottikerstr. 38	1918–1920
»	» **Heim, Arnold,** Dr., Hottingerstrasse 25	1918–1920
»	» **Schlaginhaufen, O.,** Dr., Prof., Zollikerstr. 136	1918–1920

B. Rechnungsrevisoren 1918-1920.

Hr. **Kummer-Weber, Wilhelm**
» **Bommer, Albert,** Apotheker

Abwart: Hr. **Zeller, Adolf,** Maler, Zürich 3, Stationsstr. 19.

Mitgliederbestand.

	Auf 31. Dezember 1918
I. Ehrenmitglieder	13
II. Korrespondierende Mitglieder	4
III. Ordentliche Mitglieder	490
IV. Freie ausländische Mitglieder	22
	529

UNIVERSITY OF CALIFORNIA LIBRARY,
BERKELEY

THIS BOOK IS DUE ON THE LAST DATE
STAMPED BELOW

Books not returned on time are subject to a fine of 50c per volume after the third day overdue, increasing to $1.00 per volume after the sixth day. Books not in demand may be renewed if application is made before expiration of loan period.

DEC 19 1992

JUN 14 1929

JUL 3 1947 AUTO DISC CIRC NOV 23 '92

9Dec61TD

OCT 21 1968 9 9

RECEIVED
OCT 20 '68 -1 PM

MAR 15 1979

REC. CIR. AUG 17 '78

50m-7,'27

B-13

U. C. BERKELEY LIBRARIES

C042457156

Q67
Z92
v.63

504039

UNIVERSITY OF CALIFORNIA LIBRARY